EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER KRAFTEMPFINDUNGEN BEI FEDERSPANNUNG UND GEWICHTSHEBUNGEN

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
VORGELEGT
DER HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT STRASSBURG

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

VON

LUDWIG TRUSCHEL

LEIPZIG UND BERLIN
WILHELM ENGELMANN
1913

Von der Fakultät genehmigt am 22. Februar 1913.

(Sonderabdruck aus dem »Archiv für die ges. Psychologie«, Bd. XXVIII, Heft 1/2.)

A. Vorarbeiten.

Die Frage, auf Grund welcher Empfindungen (E.) wir zum Vergleichen gehobener Gewichte und ähnlicher Kraftäußerungen befähigt sind, ist seit E. H. Weber fast unablässig Gegenstand experimenteller Untersuchungen gewesen.

Bereits 1834 (2), als Weber das später nach ihm benannte Gesetz begründete, arbeitete er mit Gewichtsversuchen, doch »wollte es ihm dabei nicht gelingen, eine Methode ausfindig zu machen, um zu bestimmen, was hierbei die Muskeln allein leisten«. 1846 (3) glaubte er diese Methode gefunden zu haben, indem er einerseits die Gewichte auf die Haut der festaufliegenden Finger legte, um so die Unterschiedsempfindlichkeit des Drucksinns isoliert zu prüfen, und andererseits die Gewichte in der Weise heben ließ, daß die Hand die 4 Zipfel eines Tuches, das das Gewicht trug, fest zusammenpreßte, wodurch er die Muskelleistung isoliert zu haben glaubte. Die (für eine Reizgröße) bei diesen Hebungen gefundene Unterschiedsempfindlichkeit betrug 39 : 40, die Weber »dem Gemeingefühl der Muskeln« zuschreibt. Was er darunter verstanden wissen will, sagt er etwas genauer so: »Außer den Tastorganen besitzen wir noch eine zweite Klasse von Organen, welche uns von der Größe des auf unseren Körper wirkenden Drucks oder Zugs eine Vorstellung verschaffen: die unserem Willen gehorchenden Muskeln nebst den Nerven und deren Zentralorganen. Aus dem Gefühle der Anstrengung derselben, wenn wir ein Gewicht heben, und aus dem Gefühle der Anspannung derselben, wenn ein Gewicht an unseren erschlafften Gliedern zieht und dadurch die Muskeln dehnt, schließen wir auf die Größe eines auf uns wirkenden Gewichtes oder auf die Größe des Widerstandes,

den wir bei der Bewegung unserer Glieder überwinden müssen.« (S. 546.)

Auch die wohl zuerst von A. Bell (1) und später vielfach gebrauchte Bezeichnung »Kraftsinn« wendet Weber an, meint damit jedoch »einen Tastsinn als Vereinigung von Muskelgefühl und Drucksinn«.

Seit dieser Zeit ist die Frage nach dem Wesen dieses »Muskelgefühls« und »Kraftsinns« nicht zur Ruhe gekommen.

Gegen die Annahme eines spezifischen Muskelgefühls wurde vor allem geltend gemacht, daß in den Muskeln keine sensiblen Nerven nachzuweisen wären, denen die Vermittlung von »Kraft-E.« zugeschrieben werden könnte, und man versuchte die Erklärung dann mit der Annahme von Innervations-E., die uns über die Stärke der zur Muskelkontraktion erforderlichen Impulse unterrichteten. Doch wurde dagegen und daneben auch wieder auf peripherische Sensibilität geschlossen, wobei sich die Autoren zum Teil auf Wiederholung und Variation der Fechnerschen (6) Experimente, zum Teil aber auch auf pathologische Fälle und Experimente mit Kranken stützten. (Siehe Literaturverzeichnis.) Das einzig Übereinstimmende war schließlich der Ausschluß einer wesentlichen Beteiligung des Drucksinns beim Vergleich von Gewichtshebungen, was schon E. H. Weber (3) festgestellt hatte. Bezüglich der Kraft-, Innervations-, Spannungs-, Gelenk-, Bewegungs-, Anstrengungs-Empfindungen und Zeitvorstellungen blieben jedoch die Befunde und Schlußfolgerungen widersprechend.

Das liegt sicher mit zum Teil daran, daß mehrere Autoren (besonders neuere) auf Vorarbeiten keinen Bezug nehmen, sondern einfach ihre Auffassung ohne Kritik neben die ältere setzen.

Andere haben unser Problem nicht als Hauptaufgabe ihrer Untersuchungen ins Auge gefaßt und infolgedessen die Versuchsanordnung nicht in erster Linie hierauf eingestellt. Offenbare Mängel in der Versuchsanordnung älterer Autoren und wertvolle Verbesserungsvorschläge, die jene Autoren selbst oder ihre Kritiker angeschlossen hatten, blieben so unberücksichtigt. Wir sehen uns deshalb genötigt, vor dem Bericht über eigene Versuche diejenigen Vorarbeiten (neueren Datums), die bisher nicht genügend gewürdigt, oder zu kritiklos hingenommen wurden, etwas eingehender auf die Fundamentierung der gezogenen Schlußfolgerungen hin zu prüfen, soweit das ohne Vorwegnahme eigener Versuchsergebnisse jetzt schon möglich ist.

In seiner Abhandlung »über die Kontrastempfindung« in verschiedenen Sinnesgebieten hatte **Fechner** (7) auch folgende Be-

obachtung erwähnt: »Wenn ich bei meinen Versuchen über die Empfindlichkeit für Gewichtsunterschiede eine Reihe Versuche mit schweren Gewichten gemacht habe und gehe unmittelbar zu sehr leichten über oder hebe ein unbelastetes Gefäß, so glaube ich nicht nur keine Last zu fühlen, sondern das gehobene Gefäß scheint mir sozusagen ein negatives Gewicht zu haben.« Fechner erklärt das als reine Kontrasterscheinung.

Dem widersprachen **G. E. Müller** und **F. Schumann** (26). Ausgehend von Fechners Konstrastbeobachtung stellten sie sich die Aufgabe, die Einstellung der Impulse und überhaupt die für die Gewichtsvergleichung maßgebenden Faktoren kennen zu lernen.

Da die von ihnen aufgestellte Theorie bis heute (mehr oder weniger eingeschränkte) Geltung hat, erfordert ihre Arbeit eine etwas eingehendere Besprechung. Die Versuchsanordnung war ähnlich wie bei Fechner. Je zwei Gewichte wurden in 15 cm Abstand auf den Tisch gesetzt, der mit einer dicken Decke überdeckt war. Der Oberarm wurde senkrecht, der Unterarm parallel zur Medianebene gehalten. Bei zweihändigem Verfahren (Heben des Grundgewichts mit dem einen, des Vergleichsgewichts mit dem anderen Arm) wurden beide Arme symmetrisch gehalten. Die Gewichte wurden ruckweise gehoben und zwar zu möglichst geringer, möglichst gleichbleibender Höhe, die jedoch bei den meisten Versuchen nicht fixiert wurde, d. h. also zufälligen Schwankungen unterworfen blieb, je nach der Stärke und Geschwindigkeit der Hebungen. Bei einer gegen Schluß eingeschobenen Versuchsreihe zwecks Untersuchung des Einflusses der Hubhöhe wurde diese durch eine Holzleiste fixiert und zwar für die Grundhebung auf 4 cm. Das Urteil wurde immer auf das zu zweit gehobene Gewicht bezogen. Bei einem Wechsel in der Raum- und Zeitlage ergaben sich also mit den 7 Vergleichsgewichten 28 Doppelhebungen für eine Runde. Es wurde im Takt des Metronoms (0,8 Sek.) gehoben nach der Methode der r. und f. Fälle.

Außer diesen »Vergleichsversuchen« wurden noch sog. »Einstellungsversuche« gemacht, wobei das eine Gewicht sehr viel größer war als das andere, und die Vp. durch wiederholtes Heben auf diese Impulse eingeübt wurde. So standen z. B. bei einer Reihe von 30 Doppelhebungen rechts stets 627 g, links 2476 g, die im gleichen Tempo zu gleicher Höhe gehoben werden mußten. Der linke Arm wurde also auf einen sehr viel stärkeren Impuls eingestellt. Dann wurden plötzlich, ohne daß die Vp. es wußte, an Stelle der 2476 g dieselben Vergleichsgewichte gesetzt, mit denen das Grundgewicht früher verglichen worden war, nämlich 926, 876, 826, also alle drei

erheblich (und früher auch deutlich merkbar) größer. Jetzt erschienen sie leichter. Dieselbe Täuschung erfolgte, wenn nach 5 weiteren Einstellungshebungen diese 3 Gewichte wieder genommen wurden. Ebenso bei 3 weiteren Wiederholungen von je 5 Einstellungsversuchen. Diese Erscheinung zeigte sich sowohl bei zwei- als auch bei einhändigem Verfahren.

Die Neigung, das mit stärkerem Impuls gehobene Gewicht für kleiner zu halten, war auch dann vorhanden, wenn man den Impuls für die Hebung des einen Gewichtes willkürlich stärker annahm als für die Hebung des anderen, gleich großen Gewichtes.

Müller und Schumann schließen daraus, daß es sich nicht, wie Fechner annahm, um eine bloß im Bewußtsein sich abspielende Kontrastwirkung handle, sondern um die Wirkung der Einstellung für den motorischen Impuls. Der Eindruck größerer Leichtigkeit entstehe wegen der größeren Hubgeschwindigkeit. (S. 42.)

Diese Wirkungen treten am deutlichsten auf bei ruckweiser Hebung, sie machen sich jedoch in demselben Sinne auch bei langsamer, sorgfältig regulierter Hubweise geltend, wenn auch wegen der ausgleichenden Tätigkeit der Antagonisten weniger deutlich. (S. 50.)

NB. Diese Feststellung ist besonders zu beachten, weil man später das Müllersche Phänomen, wie wir die beschriebene Täuschung kurz nennen wollen, ganz auf ruckweises Heben beschränken und für langsame Hebungen sogar ins Gegenteil verkehren wollte. (Vgl. Lehmann, 37.) Daß Müller und Schumann an eine derartige Beschränkung nicht gedacht haben, beweist ihre ausdrückliche Stellungnahme zu anderen Theorien, die, wie die ihrige, allgemein gedacht waren, sowie das vorstehende Zitat.

Auch bei den gewöhnlichen Vergleichsversuchen konnten Müller und Schumann zahlreiche Täuschungen feststellen, die augenscheinlich (für den Protokollanten) und merklich (für die Vp. selbst) auf demselben Geschwindigkeitseffekt beruhten.

»Die oben angeführten Versuchsresultate, nach denen das mit stärkerem Impuls gehobene Gewicht leichter erscheint als das mit schwächerem Impuls gehobene, stehen nun offenbar in Widerspruch mit denjenigen bisherigen Theorien, nach denen uns Innervations-E. oder Muskel-E. über die zur Hebung der Gewichte aufgewandte Kraft und hierdurch über die Größe des Gewichtes unterrichten sollen. Denn nach diesen Theorien müßten im Gegenteile die mit stärkerem Impulse gehobenen Gewichte als die schwereren erscheinen.

Jene groben Täuschungen können nur dadurch zustande kommen,

daß wir von der Stärke der motorischen Impulse kein Bewußtsein haben und nur nach den Effekten urteilen.« (S. 56.)

Der Schluß ist nicht zwingend, da bei dieser Art der Hebung sich antagonistische Muskelspannungen entwickeln, wenn die Gewichte den Eindruck machen, als ob sie gewissermaßen aus der Hand flögen. Die mit diesen antagonistischen Spannungen gesetzten Muskel- und Sehnenempfindungen wirken überdeckend und verwischend auf die beim Heben entstehenden Kraftempfindungen. In der Verwerfung von Innervations-E. stimmen wir aus anderen Gründen mit Müller und Schumann überein.

»Unserer Ansicht nach«, so fahren die Autoren fort, »verhält sich die Sache ganz einfach folgendermaßen. Beim Vergleichen zweier Gewichte wird unter gewöhnlichen Umständen bei beiden Hebungen derselbe motorische Impuls erteilt, ohne daß uns die Stärke der Impulse durch eine Innervationsempfindung und dergleichen zum Bewußtsein kommt. Und wir vergleichen nun lediglich die Effekte miteinander, d. h. im allgemeinen die Geschwindigkeiten der eintretenden Bewegungen, und zwar verfahren wir hierbei so, daß wir auf Grund der gemachten Erfahrungen das schneller emporsteigende Gewicht für das leichtere halten. Es bot diese Annahme keine Schwierigkeiten, wenn wir bedenken, daß beim Übergange zum zweiten Gewicht das bei der ersten Hebung erhaltene Bewegungsbild noch in hoher Bereitschaft ist und infolgedessen keim Heben des zweiten Gewichtes dieses Bewegungsbild und der mit ihm assoziierte motorische Impuls genommen werden wird. Tritt nun aber infolge irgendwelcher besonderer Verhältnisse ein schwächerer, bzw. stärkerer Impuls ein beim Heben des zweiten, dem ersten etwa gleichen Gewichtes, so halten wir dasselbe für größer bzw. kleiner, da wir uns der motorischen Impulse und mithin auch ihrer Verschiedenheit nicht bewußt werden. Der Umstand, daß die Täuschung auch bei willkürlicher Verstärkung des einen Impulses eintritt, beweist die Festigkeit der Assoziation zwischen der Vorstellung der größeren Geschwindigkeit der Bewegung und dem Urteile, daß das betreffende Gewicht kleiner sei.

In ähnlicher Weise kann man sich auch den Vorgang konstruieren, der stattfindet, wenn man das absolute Gewicht von Objekten zu schätzen sucht. Wie leicht zu beobachten, nimmt man dabei das Objekt in die Hand und sucht es einige Male ein wenig zu heben. Der Betreffende wird dabei das Objekt schon nach dem Gesichtseindruck z. B. auf etwa 2 kg schätzen und nun den mit dieser Vorstellung assoziierten Impuls zum Heben ein geringes Stück an-

wenden. Genügt derselbe, um das Objekt ein wenig zu heben, so hält er seine Schätzung für richtig« usw. (S. 57.)

Hierzu ist wohl zu bemerken, daß das Auf- und Abwiegen des Gewichtes noch keinen Beweis dafür darstellt, daß wir das tun, um Geschwindigkeitseffekte zu erzielen und nach diesen zu schätzen. Auch bei der Annahme von »Kraft-E.« als eines wesentlichen Kriteriums würden wir uns nicht anders verhalten.

Schon Fechner (in Sachen der Psychophysik, S. 49 f.) hatte sich gegen eine von Hering ausgehende ähnliche Theorie [die sich ebenfalls keineswegs auf ruckweises Heben beschränkte] gewandt und geltend gemacht, daß seine Gewichte langsam und mit gleichmäßiger Geschwindigkeit gehoben wurden. Müller und Schumann wenden aber gegen Fechner ein, daß damit doch anfängliche, schnell zur Ausgleichung kommende Ungleichheiten der Hubgeschwindigkeiten nicht ausgeschlossen gewesen seien.

Beim ruhigen Halten des Gewichts schließen Müller und Schumann besondere Schwere-E., die durch den Druck auf die Haut und die Spannung der Sehnen (und Muskeln) hervorgerufen werden, nicht aus. Auch bei Hebungen würden solche E. gelegentlich im ersten Stadium, d. h. vor Beginn der eigentlichen Hebung mitspielen (S. 61).

Im allgemeinen und unter gewöhnlichen Umständen sind aber nach Müller und Schumann »Unterschiede in den Hubgeschwindigkeiten das einzig wesentliche Kriterium« für den Vergleich gehobener Gewichte. Mangels einer Messung der Geschwindigkeit stützt sich diese Theorie also auf Selbstbeobachtungen einiger Vp., auf gelegentliche Beobachtungen des Protokollanten und auf theoretische Überlegungen.

Daß jedoch diese Beobachtungen keineswegs so einheitlich und zwingend waren, beweist folgende Mitteilung (S. 60): »Häufig konnte der Protokollant die Geschwindigkeitsdifferenz wahrnehmen und daher das Urteil vorher richtig erraten. Allein das war keineswegs immer der Fall, vielmehr erscheinen die Geschwindigkeiten dem Zuschauer oft[1]) bei Gewichten einander gleich, die von der Vp. als wesentlich verschieden beurteilt wurden, ja es kam sogar nicht selten[1]) vor, daß das anscheinend rascher gehobene Gewicht als das schwerere erschien.« Müller und Schumann erklären das aus der Tätigkeit der Antagonisten und aus dem Einfluß der verschiedenen Stadien der Hebung. Wir werden auf diese »nicht seltenen« Regel-

1) Von mir gesperrt. D. Verf.

widrigkeiten auf Grund genauer Messungen noch zurückzukommen haben.

Eine wichtige Rolle spielt bei allen Überlegungen Müllers und Schumanns, und noch mehr in der späteren Arbeit von Müller und Martin (34), die Überzeugung, »daß wir nur eine sehr ungenaue Vorstellung von der von uns aufgewandten Kraft haben«. Das bestätige auch ein Versuch Delboeufs (18). »Derselbe forderte eine [nur eine!] zuverlässige Person auf, mehrere Male mit Aufbietung aller Kräfte auf einen Dynamometer zu drücken. So ergaben sich der Reihe nach folgende Zahlen: 72, 77, 77, 57, 67, 56, 53, 60, 58, 55, 54, 52, 50, 45, 43. Dabei glaubte aber die Vp. immer dieselbe Kraft aufgewandt zu haben und war überrascht, als z. B. die Zahl von 77 auf 56 fiel.« (S. 63.)

Beweist dieses Experiment wirklich, »daß wir nur eine sehr ungenaue Vorstellung von der von uns aufgewandten Kraft haben«? Die Vp. mußte doch »mit Aufbietung aller Kräfte drücken«. Was ist da natürlicher, als daß die zweite Anstrengung ein etwas besseres Ergebnis hatte, als die noch ungewohnte erste (von 72 auf 77 steigend), daß dann derselbe Kraftaufwand noch einmal genau so gelang, hernach aber infolge von Ermüdung die Ergebnisse sanken und sich in nicht zu großen Schwankungen zwischen 57 und 43 bewegten? »Mit Aufbietung aller Kräfte drücken« ist eben etwas sehr Relatives, da die verfügbare Maximalkraft bei solchen Anstrengungen unmöglich konstant bleiben kann. Mit den Gewichtshebungen von einigen Hundert Gramm bis 3 kg läßt sich Delboeufs Versuch jedenfalls in keiner Weise vergleichen. Auch ist es gewagt, das Verhalten einer Vp. ohne weiteres zu verallgemeinern; es wird sonst von Müller und Schumann auch nie getan.

Die Versuche von Müller und Schumann haben ein sehr interessantes Täuschungsphänomen ergeben, und haben grundlegende Bedeutung für die Aufdeckung der Einstellungserscheinungen. In der Deutung der Gewichtstäuschung können wir ihnen aber nicht beistimmen. Wir werden weiter unten hierauf zurückkommen.

Weitere Gewichtsversuche wurden zunächst von Sunkel (27) angestellt. Sunkel (27) ließ Gewichte mit den Beinen heben (1890).

Die Vp. lag auf einem Bett. Die Füße ragten über den unteren niederen Bettrand so viel heraus, daß beim Aufheben die Gewichte nicht anstoßen konnten. Das betreffende Bein wurde gestreckt gehoben, also durch Drehung im Hüftgelenk. 8 Vp. hoben mit einem Bein, 15 mit beiden. Einmal wurde zuerst das leichtere, und darauf

das schwerere Gewicht gehoben, und dann trat die umgekehrte Ordnung ein. Es wurde festgestellt, welche Gewichte sicher von 0,100 g, 500 g, 1000 g und 1500 g richtig unterschieden wurden.

Die Unterschiedsempfindlichkeit nahm mit der absoluten Schwere zu. Genaue Schwellenbestimmungen fehlen. Die Beobachtung, daß ein deutlich rascheres Heben des Vergleichsgewichts oft eine Urteilstäuschung zur Folge hatte (»leichter«), machte Sunkel besonders bei einer Vp. Er bekennt sich infolgedessen vornehmlich zu der Theorie von Müller und Schumann: Empfindlichkeit für Bewegungsunterschiede in Verbindung mit Zeitvorstellungen, Gelenksensibilität.

Auf Grund von Experimenten mit vier Tabeskranken stellt Sunkel fest, »daß sich keine deutlichen Differenzen gegenüber der Norm bemerkbar machen«.

Bezüglich der Versuchsanordnung und der Beweiskraft der Schlußfolgerungen gilt das bei Müller und Schumann Bemerkte.

Fullerton and **Cattell** (29) stellten 1890—1892 umfangreiche Untersuchungen an »on the perception of small differences«. Sie stellten sich die Aufgabe, unter Anwendung der verschiedenen Methoden, die ihnen als geeignet erschienen (Methode der eben merklichen Unterschiede, Methode der mittleren Fehler, Methode der mittleren Abstufungen, Methode der richtigen und falschen Fälle) möglichst genau die Unterschiedsempfindlichkeit für feine Schätzungen festzustellen:

I. für Bewegungsempfindungen bei Streckenschätzung,
II. für Kraftschätzung bei Bewegungen,
III. für Zeitschätzung bei Bewegungen,
IV. für das Heben von Gewichten,
V. für Lichtunterschiede.

Für uns haben hier nur der II. und IV. Abschnitt Interesse, und auch diese nur insofern, als sich daraus Feststellungen für unser Problem ergeben.

Die Kraftversuche wurden an einem eigens konstruierten Dynamometer ausgeführt. Durch einen freien, wagerechten Zug des Armes an einem krückenförmigen Handgriff wurde eine starke Feder gepreßt. Die Verschiebung des Griffes betrug im Maximum 6,4 cm, die aufgewandte Kraft 2, 4, 8, bzw. 16 kg. Die Federspannung konnte an einer Skala unmittelbar abgelesen werden.

Versuche mit stop bei dem Normalzug wurden bald aufgegeben, weil ein Teil Kraft gebraucht wurde, um gegen die Arretierung zu stoßen. So blieben nur die Methoden der mittleren Fehler und der eben merklichen Unterschiede anwendbar. Die wandten Fullerton

und Cattell in folgender Weise an: Vp. zieht mit der gewünschten Kraft, bis 5 Normalzüge nacheinander ohne große Variation gelingen. Der Beobachter (B.) kritisiert dabei jeden Zug. Hierauf beginnt die eigentliche Versuchsreihe, die aus 10 Paaren von Zügen besteht. Vp. gibt sich jedesmal erst aus dem Gedächtnis den Normalzug (ohne Kritik seitens des B.) und versucht dann, einen Vergleichszug diesem jeweiligen Normalzug gleichzumachen. Die Aufmerksamkeit war dabei auf den Vergleich zu richten, nicht auf die Herstellung des Normalzugs. Die Zeit wurde so konstant als möglich gehalten, indem Vp. automatisch den Schlägen des Sekunden-Metronoms folgte: 1 Sek. Normalzug, 2. Sek. Rückweg, 3. Sek. Vergleichszug. Stärkere Züge (8, 10, 16 kg) dauerten etwa 1 Sek.; schwächere (2, 4 kg) etwas weniger.

Die meisten dieser Experimente (4000) wurden mit 2 Vp. gemacht, die sich gegenseitig Vp. und B. waren, 400 weitere mit 2—4 anderen Vp. in der Weise, daß die Vp. nach jedem Vergleichszug aussagte, wie sie glaube, daß ihr der Zug gelungen sei. So nämlich glaubten die Verf. den mittleren Fehler zerlegen zu können in den Herstellungs- und Auffassungsfehler. Durch Subtraktion des konstanten Fehlers vom (rohen) mittleren Fehler fanden die Verf. einen mittleren »variablen Fehler«, doch konnten sie feststellen, daß der mittlere Fehler nicht weniger regelmäßig sei als der variable, und daß er anscheinend wirklich den Fehler der Unterscheidungsfähigkeit darstelle (S. 87). In allen Fällen jedoch sei der Fehler zu klein für Webers Gesetz, wenn die Größe zunehme. Eine genauere Übereinstimmung mit der Fehlerkurve gebe die Kurve der Quadratwurzeln der Reizgröße. — Die mittleren variablen Fehler waren 2, 4, 8, 16 kg, bzw. 0,19; 0,29; 0,43; 0,46 (5 Vp.); oder bzw. 0,12; 0,20; 0,37; 0,40 kg (2 Vp.).

Die (rohen) mittleren Fehler waren für bzw. 0,23; 0,34; 0,52; 0,55 (5 Vp.); oder 0,15; 0,26; 0,51; 0,58 (2 Vp.).

Nach der Methode der eben merklichen Unterschiede wurde in der Weise gearbeitet, daß Vp. dem Normalzug einen Vergleichszug folgen ließ, der eben merklich größer oder eben merklich kleiner war. Durch entsprechende Verrechnung der so gewonnenen richtigen und falschen Fälle glaubten Fullerton und Cattell diese Methode auch auf die der richtigen und falschen Fälle zurückführen zu können. Den Normalgrößen 2, 4, 8, 16 kg entsprachen eben merkliche Unterschiede von $^1/_5$, $^1/_7$, $^1/_9$, $^1/_{18}$, dem Weberschen Gesetz also ebenfalls nicht entsprechend.

Eine kleinere Anzahl Versuche wurden mit 2 Vp. auch nach der Methode der mittleren Abstufungen ausgeführt. Die Aufgaben waren:

a) 3 kg = Züge zu verdoppeln, b) 12 kg zu halbieren, c) das Mittel zu finden zwischen 2 und 4, sowie d) zwischen 4 und 8 kg.

Der mittlere variable Fehler war für a) 0,51 kg, für b) 0,38 kg, für c) 0,26 kg, für d) 0,43 kg. Bei a) ergaben sich sehr große individuelle Unterschiede; Fechners Gesetz scheint Fullerton und Cattell demgegenüber absurd zu sein. Bei b) überschätzten beide Vp. sehr erheblich die Hälfte, was ebenfalls Fechners Gesetz widerspräche. Bei c) und d) dagegen befänden sich Fullerton und Cattell in Übereinstimmung mit Fechner.

Ein sicherer Schluß auf die Kriterien, nach denen geschätzt wurde, war auf Grund dieses Materials nicht zu ziehen. Die Zeit war möglichst gleich gemacht worden, genaue Messungen hatten aber nicht stattgefunden, und die Vp. hatten von vornherein Anweisung, ihre Aufmerksamkeit auf den Kraftaufwand zu konzentrieren. »Casual introspection indicated, that the difference in force only was regarded. More careful introspection seemed, however, to indicate, that the observer was helped more by the variation in extent, than he had first supposed« (S. 69).

Mit gehobenen Gewichten arbeiteten Fullerton und Cattell nach der Methode der richtigen und falschen Fälle. Mit dem Normalgewicht 100 g wurden 104, 108, 112 und 116 g teils an erster, teils an zweiter Stelle verglichen. Die Gewichte waren von hölzernen Zylindern gleicher Größe umschlossen und wurden im Takte des Sekunden-Metronoms mit einer Armbewegung gehoben, jedoch nicht senkrecht aufwärts, sondern von links nach rechts, wobei sie der Arm in der Regel 30—40 cm weit schwang. 9 Vp. führten für jeden Vergleich je 100 Hebungen aus. Eine Berechnung des »wahrscheinlichen Fehlers« (probable error), d. h. des Unterschieds, der auf 100 Hebungen 75 mal richtig erkannt wurde, führte für alle 4 Vergleichsgewichte zu annähernd demselben Ergebnis, durchschnittlich $^1/_{18}$, für die 9 Vp. bloß schwankend zwischen $^1/_{18}$ und $^1/_{22}$. Die meisten Vp. schätzten besser, wenn das schwerere Gewicht zu zweit gehoben wurde.

Durch weitere Experimente, je 200 von jeder Art mit 2 Vp., variierten Fullerton und Cattell beim Vergleich von 100 : 108 g die Hebungsweise, die Hubhöhe und die Hubgeschwindigkeit, wechselten auch zwischen ein- und zweihändigem Verfahren, Hebungen aus dem Handgelenk, Ellenbogengelenk, Schultergelenk.

Sie fanden: Die Hubhöhe sei nicht proportional dem Gewicht (eine Feststellung, die sie zu Unrecht gegen Müller und Schumann ausspielen), der wahrscheinliche Fehler wachse um etwa $^1/_4$ bei zweihändigem Verfahren, er wachse erheblich, wenn die Hubhöhe kleiner

sei als 40 cm, ebenso, wenn bloß aus dem Schultergelenk gehoben werde. Die Autoren schließen aus der letzteren Beobachtung auf eine Abhängigkeit von Empfindungen im Handgelenk und Vorderarm.

Aus der weiteren Beobachtung, daß der wahrscheinliche Fehler nicht beeinflußt wurde durch erhebliche (um ein Vielfaches) Variation der Hubgeschwindigkeit, schlossen die Autoren »that we do not judge of difference in weights by the rate which they are lifted« (S. 131). — Angesichts des vorliegenden Beweismaterials geht auch dieser Schluß zu weit. Dasselbe muß von dem weiteren gelten, der aus der Feststellung gezogen wird, daß bei festem Anfassen (pressen) der zu hebenden Gewichte die Ergebnisse ungünstiger werden: »The sensation may be partly touche and partly muscular sensation from the fingers« (S. 132). Denn hierbei hatten sich nicht bloß die Druck-E. in der Haut geändert, sondern sehr erheblich auch die E. in den Muskeln, Sehnen und Gelenken, die beim Zusammenpressen mitwirkten und gleichzeitig zum Heben dienen mußten.

Dieser Einwand muß auch gegen die ersten Versuche E. H. Webers (3) erhoben werden.

Jakobj (30) veröffentlichte 1893 seine »Untersuchungen über den Kraftsinn«. Als Apparat diente eine eigens konstruierte Kraftwage, einen einarmigen Hebel darstellend, an der die Gewichte rasch verschoben und so die Belastungen variiert werden konnten. Das Heben erfolgte (nach der Methode der eben merklichen Unterschiede) zunächst mit dem Unterarm. Die hebende Hand faßte dabei einen senkrecht hängenden (äquilibrierten) Metallzylinder von 4 cm Durchmesser. Zur Bestimmung des zu 3500 g noch erkennbaren Zuwachses wurde erst eine aufsteigende, dann eine absteigende Reihe von Vergleichsgewichten gegeben und dann zwischen den Grenzwerten »eingegrenzt«. So gewann Jakobj mit 2 Vp. je 3, mit 3 weiteren Vp. je 6, mit 2 andern je 20 Bestimmungen und zog daraus, alle diese, Mittelwerte als gleichwertig einsetzend, das Gesamtmittel 11,3; d. h. der zu 3500 g eben noch erkannte Zuwachs sei rund $^1/_{11}$. (Schwankung zwischen 350 und 280 g.) Spätere Versuche ergaben etwas ungünstigere Resultate: Gesamtmittel $^1/_{10}$. Bestimmungen über die untere Unterschiedsschwelle, d. h. die eben noch erkennbare Verminderung des Normalgewichtes machte Jakobj nicht.

Ähnliche Schwellenbestimmungen wurden mit den Grundgewichten 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000 g getroffen mit 5 Vp. [Die Anzahl der Bestimmungen, aus denen für jede Vp. das Mittel gezogen wurde, ist hier nicht angegeben.] Es ergab sich, daß die Schwellenwerte in dem Verhältnis wachsen, wie Fechner

es angegeben hatte, daß aber die Hinzurechnung des Armgewichtes, auf 5200 g angesetzt, nicht genügt, um volle Proportionalität zu erreichen [wie Fechner geglaubt hatte], sondern daß dazu noch eine Konstante = 25400 g addiert werden muß. Dann ergibt sich als konstantes Verhältnis $^1/_{20}$für Normalgewichte bis 6000 g; für größere jedoch sind die Werte etwas feiner.

Um den Tastsinn noch vollständiger auszuschalten, ließ Jakobj hierauf mit 2 Vp. an 4 Normalgewichten Bestimmungen machen, wobei mit der Zahnreihe des Unterkiefers gehoben wurde. Bei Hinzurechnung einer Konstante von 1100 g ergab sich dasselbe konstante Verhältnis $^1/_{20}$. Jakobj schließt daraus: 1) daß bei Gewichtshebungen der eben erkennbare Zuwachs überhaupt $^1/_{20}$ sei, wenn man alle Widerstände berücksichtige, und 2) daß der Tastsinn als Kriterium völlig ausscheide.

Ein Versuch, auch die Gelenkempfindungen auszuschalten, wurde in der Weise unternommen, daß die Zunge zum Heben diente. Es ließ sich hiermit jedoch nur feststellen, daß die Wahrnehmung des Bewegungseintritts von großer Bedeutung sei. Im übrigen waren die Urteile jetzt zu unsicher und schwankend.

Um über die Bedeutung der Wahrnehmung des Bewegungseintritts Klarheit zu erhalten, registrierte Jakobj auf der Kymographiontrommel bei zweihändigem Verfahren genau die Latenzzeiten, d. h. die Zeitintervalle zwischen der gewollten Hebung und dem wirklichen Bewegungseintritt, indem beiden Armen gleiche Apparate gegeben wurden und nun, da beide Arme gleichzeitig heben wollten, eine Verzögerung an dem einen Arm als Einfluß des diesem Arm gegebenen Zusatzgewichtes erscheinen durfte.

Leider hat Jakobj die Ergebnisse dieser Versuche nicht mit ausreichenden Zahlenangaben versehen. Er gibt nur 2 Protokolle und später in anderem Zusammenhang noch eines als Beispiele [was ja genügen würde, wenn die Ergebnisse der anderen Protokolle zusammenfassend mitgeteilt wären] und teilt dann, ohne daß man in der Lage ist, die wirklichen Verhältnisse zu erkennen, mit, »daß in allen Fällen, in welchen die Verzögerung unter $^8/_{100}$ Sekunden lag, ein Unterschied in den Gewichten nicht wahrgenommen wurde, daß dagegen bei den zwischen $^8/_{100}$ und $^{12}/_{100}$ liegenden Verzögerungen gelegentlich ein gewisser Unterschied bemerkt worden ist, der aber doch nicht deutlich erschien, während bei einer Verzögerung von über $^{12}/_{100}$ Sekunden derselbe deutlich oder sogar sehr deutlich empfunden wurde« (S. 84). Die umgekehrten Verhältnisse traten ein, wenn bei Verringerung des Gewichtes ein Hebel schneller in Be-

wegung kam. Jakobj schließt daraus, daß wirklich eine Beziehung zwischen der Bewegungsverzögerung und dem Urteil über die vorhandene Gewichtsdifferenz besteht, nämlich ein unmittelbarer kausaler Zusammenhang. Auf eine ganze Reihe von Ausnahmen (in den mitgeteilten Protokollen) weist Jakobj selbst hin und sucht dafür andere Erklärungen: reflexartige Kompensation, die abwechselndes Auftreten der Verzögerung an beiden Hebeln bewirke, wenn beide Gewichte gleich seien. Hierfür wird eine Versuchsreihe als Beispiel gegeben, in der unter 22 Hebungen nur 5 mal die Gewichte verschieden sind, aber doch immer, bald rechts, bald links, Verzögerungen von $^{2}/_{100}$ bis $^{13}/_{100}$ Sek. auftreten. Das beweist aber vor allem, daß es uns nicht gelingt, die Impulse und die Latenzzeiten wirklich gleich zu machen (bei gleichen Gewichten), und läßt Zweifel entstehen an der Richtigkeit der Deutung. In diesen Zweifeln wird man bestärkt, wenn man die 3 gegebenen Protokolle genauer ansieht.

Da finden wir S. 98 zwar die größte Verzögerung ($^{68}/_{100}$) in einem Falle von gleichen Gewichten, das Urteil mit diesem Effekt übereinstimmend. In einem anderen Falle tritt eine Verzögerung von $^{64}/_{100}$ bei einem Zusatzgewicht von 500 g ein, wobei das Urteil ebenfalls mit dem Effekt, aber hier auch mit dem objektiven Gewichtsverhältnis übereinstimmt. Dasselbe gilt für je einen Fall mit Verzögerungen von 48, 34, 32, 25, 24, 21, 20. Auf eine Abhängigkeit des Urteils von der Verzögerung läßt sich hieraus nicht schließen, da die Verzögerung eine selbstverständliche Nebenerscheinung der Gewichtszulage sein kann, während letztere das Urteil unmittelbar bedingt. Nur wenn diese Verzögerungen auch in solchen Fällen häufig mit dem Urteil übereinstimmen, in denen das objektive Gewichtsverhältnis, wenn unmittelbar nach diesem geurteilt worden wäre, das entgegengesetzte Urteil gefordert haben würde, kann die Abhängigkeit des Urteils von der Latenzzeit als bewiesen erachtet werden. Das finden wir aber bei Jakobj keineswegs bestätigt. Im Gegenteil, in derselben Versuchsreihe (S. 98) finden sich Verzögerungen von je 48, 34, 17, 15, 14, 11, 11, 9, 8 ohne entsprechendes Urteil. Dabei stimmten eine der 11 und die 14 sehr wohl mit dem objektiven Gewichtsverhältnis überein, Fälle, in denen also weder der Zusatz an Belastung noch die ihn begleitende Verzögerung ein richtiges Urteil hatten hervorrufen können. Mag man diese Verzögerungen als zu gering ansehen, so waren doch nach Jakobjs eigener Bestimmung die anderen: 48, 34, 17, 15, 14 erheblich über seiner Schwelle für deutlichen Ausschlag (12); trotzdem stimmten die betreffenden Urteile

nicht mit den Verzögerungen, sondern mit den objektiven Gewichtsverhältnissen überein. Nimmt man dementsprechend an, daß das Urteil in der Regel überhaupt nur von den objektiven Gewichtsverhältnissen bedingt war, so ergeben sich auf 36 Versuche 28 richtige Urteile. Da es sich um die erste Versuchsreihe handelt, die mit einer neuen Vp. ausgeführt wurde, so konnte ein besseres Ergebnis gar nicht erwartet werden. Was bedeuten gegen diese 28 r die 4 Fälle, in denen die Latenzzeit das Urteil getäuscht zu haben scheint, und was die 8 Fälle, in denen auch die Latenzzeit dieses selbe Urteil bedingt haben könnte? Diesen 4 Fällen stehen 5 bzw. 9 gegenüber, in denen eine deutliche Latenzzeit offensichtlich zugunsten des Gewichtsverhältnisses versagte. Einmal wurde sogar das schneller bewegte Gewicht als schwerer bezeichnet, während es nach der Verzögerung als leichter und nach dem tatsächlichen Verhältnis als gleich hätte erscheinen sollen. Ein andermal trat die Verzögerung am leichteren Gewicht auf, anstatt am schwereren (+ 300 g), und das Urteil lautete »gleich«.

Nicht anders ist das Ergebnis einer genaueren Nachprüfung der beiden anderen mitgeteilten Protokolle S. 83. Auf die Versuchsreihe von 18 Hebungen kommen 12 sicher und 2 undeutlich »richtige« Urteile (nach dem Gew.-Vh.). Nur einmal könnte die Verzögerung (Latenzzeit) das Urteil getäuscht, ein zweites Mal ein unsicheres (falsches) Urteil verursacht haben, 3mal aber war das Urteil trotz der entgegenwirkenden Verzögerungen von 10 und 11 (dem Gew.-Vh. entsprechend) richtig abgegeben worden.

Auf die andere Versuchsreihe von 23 Hebungen kommen 18 sicher (und 1 undeutlich) »richtige« Urteile nach dem Gew.-Vh. Nur 1 mal könnte eine Täuschung des Urteils durch die Latenzzeit vorgekommen sein, wenn man dies hier als Ursache annehmen und nicht an einen zufälligen Irrtum, Aufmerksamkeitsschwankung oder dergleichen denken will, wie es Jakobj selbst tut für den diesem voraufgehenden Fall, in dem trotz des Gewichtsunterschieds und einer ihm entsprechenden Verzögerung das Urteil »gleich« gelautet hatte.

Da wir nun kaum annehmen dürfen, daß die von Jakobj mitgeteilten Protokolle zufällig ausnahmsweise seiner Theorie so ungünstig sind, so liegt es wohl näher, die unmittelbare natürliche Abhängigkeit des Urteils vom Gewichtsverhältnis anzunehmen, was in der erdrückenden Mehrzahl der Fälle eingetroffen zu sein scheint. Es ist sehr zu bedauern, daß die Ergebnisse der mit so großer Genauigkeit und unter günstigen Bedingungen ausgeführten Versuche nicht soweit mitgeteilt sind, daß die Frage sicher entschieden werden

kann, mit welcher Häufigkeit die zweifelsohne nur ausnahmsweise erfolgte Täuschung des Urteils durch die Latenzzeit eingetreten sein könnte.

Auf Grund der Jakobjschen Theorie müßten wir ja auch eine erstaunlich feine Empfindlichkeit besitzen für Unterschiede im Bewegungseintritt. Das müßte durch entsprechende besondere Versuche geprüft werden.

Nach diesen Feststellungen ist es nur noch von untergeordnetem Interesse, daß Jakobj den Nachweis erbracht zu haben glaubt, die Größe der Latenzzeit sei bei gleicher Innervationskraft proportional der Größe des gehobenen Gewichtes.

Um eine Gleichmäßigkeit der Innervationskraft zu erzielen, ließ Jakobj die Vp. [nur eine!] wiederholt, oft 8—10 mal, dasselbe Grundgewicht heben und setzte dann unerwartet das Zusatzgewicht auf, so daß es (wie Jakobj annimmt) mit demselben Impuls gehoben wurde. In dieser Weise wurden für die Grundgewichte 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000 g die zugehörigen Latenzzeiten festgestellt, und die Verhältnisse ergaben, in ein Koordinatensystem eingetragen, eine annähernd gleichmäßig ansteigende Linie als Kurve, d. h. Proportionalität. Leider hat Jakobj auch hier bei Berechnung des zur Eintragung bestimmten Gesamtmittels nicht berücksichtigt, daß die Einzelmittel nicht von gleicher Anzahl waren, und daß sie sich nicht auf dieselbe Anzahl von Einzelbestimmungen bezogen. So besteht eine Versuchsreihe des Gewichtes 5000 aus 8, eine andere nur aus 2 Bestimmungen, bei 6000 haben wir sogar neben einer aus 3 eine aus 12. Die Gewichte 7000 und 8000 haben überhaupt nur je 2 (ungleichlange) Versuchsreihen, während für 2000, 3000 und 4000 g 4 Reihen (ungleichlange) ausgeführt wurden. Und da sich das alles nur auf eine Vp. bezieht — mit einer zweiten Vp. wurde überhaupt nur eine Versuchsreihe ausgeführt mit 6 Grundgewichten — so ist die Proportionalität nicht so sicher nachgewiesen, wie zunächst erscheinen mag. Immerhin würde auch ein sicherer Nachweis keinen Beweis bilden für die Latenzzeittheorie: Wir können uns sehr wohl vorstellen, daß die Latenzzeit in der Regel (gleichen Impuls vorausgesetzt) von der Größe des Gewichtes abhängig ist — diese Annahme ist ja ganz natürlich, wenn man, wie Jakobj es tat, die Impulse künstlich gleich macht — aber daß das Urteil über das Gewichtsverhältnis von der Wahrnehmung der Latenzzeitdifferenzen abhängt, ist damit in keiner Weise auch nur wahrscheinlich gemacht, so begreiflich es auch erscheinen mag, daß Jakobj nach seinen vorhergegangenen, aber nicht genügend scharf gesichteten Fest-

stellungen in jener Proportionalität eine willkommene Bestätigung gefunden zu haben glaubte.

Es muß also festgehalten werden, daß 1) die Proportionalität selbst für Hebungen mit gleichem Impuls nicht mit einer genügenden Anzahl von Versuchen und Vp. festgestellt wurde, und für eine allgemeine Theorie solche Hebungen mit künstlich reguliertem Impuls überhaupt nicht in Betracht kommen, 2) — wie Jakobj selbst gezeigt hat — bei den gewöhnlichen Hebungen, wobei unvermeidbar die Impulsstärke wechselt, die Latenzzeiten ausgesprochen nicht den Gewichtsgrößen proportional sind, sondern ganz ungesetzmäßigen Schwankungen folgen, 3) die auf Grund solcher unproportionierten Impulse auftretenden Verzögerungen nur ausnahmsweise das Urteil täuschen konnten, welches vielmehr weit häufiger entgegen dem Effekt dieser Verzögerung mit dem objektiven Gewichtsverhältnis übereinstimmend richtig abgegeben wurde.

Jakobjs Schlußfolgerung aber lautet in dem für uns entscheidenden Teil: »Der Kraftsinn, d. h. das Unterscheidungsvermögen für die Größe gehobener Gewichte (überwundener Widerstand) hängt nicht ab von dem Tast- oder Drucksinn der Haut, auch nicht von einer von den Sehnen oder Muskeln aus vermittelten E. ihres Spannungszustandes der Art, daß wir die den verschiedenen gehobenen Gewichten (überwundenen Widerständen) während der Hebung entsprechenden verschiedenen Spannungszustände der Muskeln und Sehnen als solche empfinden und quantitativ unterscheiden, sondern es kommt zustande auf Grund einer Vergleichung der Größe der aufgewendeten Innervationskraft mit der Dauer der Latenzzeit, d. h. mit der Zeit, welche zwischen der gewollten Hebung und dem wirklichen Eintritt der Bewegung verstreicht« (S. 99).

Es sei daran erinnert, daß die den Drucksinn betreffende Ansicht von anderen Autoren geteilt wird, daß aber die Innervationsempfindungen von Müller und Schumann und von späteren Autoren als nicht vorhanden betrachtet werden.

Dresslar (31) stellte 1894 umfangreichere Untersuchungen an über die bekannte Beobachtung, daß wir Gegenstände gleichen Gewichts als verschieden schwer beurteilen, wenn sie nicht dieselbe Größe haben. Durch 174 Schulkinder ließ Dresslar 8 Messingröhren verschiedener Länge, gleicher Dicke und gleichen Gewichts (132 g) heben und nach dem scheinbaren Gewicht der Reihe nach aufstellen — mit dem zu erwartenden Ergebnis, daß das kleinste Gewicht als am schwersten, das größte als am leichtesten beurteilt wurde, und zwar unterlagen die intelligenteren Kinder in höherem

Maße dieser Täuschung als die dümmeren und, wie weitere Versuche zeigten, Erwachsene noch häufiger als die intelligentesten Kinder.

Dresslar erklärt diese Erscheinung auf Grund der häufigen und daher sehr festen (bei intelligenten Kindern festeren und bei Erwachsenen noch festeren) Assoziation zwischen den Vorstellungen regelmäßiger Proportionalität zwischen Größe und Gewicht, wenn die Gegenstände aus demselben Stoff bestehen: »Throughout our whole experience, difference in weight is associated with difference in size and especially so when the weights to be juged are apparently of the same material. When the weights were placed before the subject perhaps the first observation made was that they differed in size and that some was much larger than others. The next idea, which arose, especially since the test of weight sensibility was involved, was the effect, that the largest was the heaviest. These ideas perhaps all arose in the mind of the subject before he had touched a weight, so that when he began to lift them, he would unconsciously put forth effort in lifting them in proportions to their size, as he had always been accustomed to do. But as the weights were of equal heft they of course would respond the more readely to the lift, as they were larger, and thus arose a basis for the illusion.«

Diese Erklärung berührt sich eng mit Müller und Schumann und mit Jakobj, wobei die Frage offen bleiben muß, ob Dresslar mehr Gewicht auf die Geschwindigkeitsverhältnisse während der Hebung (Müller und Schumann), oder auf die Latenzzeit (Jakobj) legen würde; denn die Bemerkung: »the weights would respond the more readely to the lift as they were larger« läßt beide Deutungen zu. Müller und Schumann, die die Erscheinung mit erwähnen, deuten sie ausschließlich zugunsten ihrer Theorie, indem sie darauf hinweisen, daß man abzuschätzende Gewichte in der Hand wiegt. Dieses Wiegen geschieht, nebenbei bemerkt, nicht ruckweise, sondern sehr langsam. Da die Autoren der Ansicht sind, der Geschwindigkeitseffekt wirke hierbei in gleichem Sinne wie bei ihren meist ruckweisen Gewichtshebungen, so beweist das ebenfalls, daß sich ihre Theorie nicht auf ruckweises Heben beschränkt.

Für die Gültigkeit der Theorie beweist allerdings der Hinweis auf das wiegende Prüfen nichts, solange der Nachweis fehlt, daß dabei die Geschwindigkeitseffekte mit der Täuschungsrichtung übereinstimmen. Bis dahin kann man sich mit mindestens derselben Berechtigung die Sache als Kontrasterscheinung erklären: Entspricht beim Heben der Gewichtseindruck nicht der durch die Gesichtswahrnehmung auf Grund der Erfahrung gesetzten Erwartung, so schlägt

das Urteil ins Gegenteil um. Zur Erklärung solcher Erscheinungen auf andern Sinnesgebieten zieht man in der Regel auch keine sekundären Hilfs-Empf. anderer Qualität heran. Und daß man die abzuschätzenden Gewichte in der Hand wiegt, ist ohne weiteres aus dem Bestreben verständlich, die Eindrücke zu wiederholen, bis das Urteil deutlich genug erscheint. Dasselbe gilt für die übrige Literatur über diese Erscheinung. Man findet ein ziemlich vollständiges Verzeichnis bei James and Rice (33). Eine weitere Besprechung hat für uns keinen Wert.

1896—99 wiederholte und vermehrte **G. E. Müller** im Verein mit **Lillie J. Martin** (34) seine früheren Gewichtshebungen nach derselben Methode (Konstanzmethode) und in ähnlicher Weise (einhändig). Die Hubhöhe wurde jetzt durch eine Schnur auf 10 cm festgesetzt, die Zeit durch 0,7 Sek.-Schläge des Metronoms bestimmt, indem die erste Hebung beim 1., das Niedersetzen beim 2. Schlag, die zweite Hebung (Vergleich) beim 3., das Niedersetzen beim 4. Schlag erfolgte. (Die »Zuhilfenahme graphischer Methoden«, die Müller und Schumann 1889 empfohlen hatten, erfolgte auch hier nicht.) Die Berücksichtigung der Raum- und Zeitlage war dieselbe wie bei den früheren Versuchen, so daß bei 7 Vergleichsgewichten, deren eines dem Grundgewicht gleich, die anderen zur Hälfte größer, zur Hälfte kleiner waren, wieder Runden von je 28 Doppelhebungen entstanden. Zwischen 2 Runden war jeweils eine Pause von 2 Minuten. Die Urteile wurden, wie früher, stets auf das zu zweit gehobene Gewicht bezogen, in den Tabellen jedoch so umgerechnet, daß sich hier alle auf das Grundgewicht beziehen. An 26 Versuchsreihen nahmen 11 Vp. teil.

Die neuen Ergebnisse boten den Verf. keinen Anlaß, die Müller-Schumannsche Theorie umzustoßen oder zu korrigieren. Sie fanden dieselbe vielmehr in vollem Umfange bestätigt und konnten sie durch neue Feststellungen ergänzen und befestigen, sowie anderen Autoren gegenüber verteidigen.

Für uns haben besonders folgende Bestimmungen Interesse. Wenn das Vergleichsgewicht (V) kleiner war als das Grundgewicht (G), so ergaben sich bei einigen Vp. (meist männlichen) stets mehr richtige Fälle, war dagegen V größer als G., so hatten andere Vp. (meist weibliche) mehr r. als f. Die Verf. teilten nach dieser »anomalen Differenz« die Vp. ein in positive (mehr r., wenn $V < G$) und negative Typen (mehr r., wenn $V > G$). Diese Erscheinung glaubten die Verf. mit der durch Selbstbeobachtung bestätigten Annahme erklären zu können, daß das Urteil vielfach ohne Vergleich zustande

käme, vielmehr durch den absoluten Gewichtseindruck bestimmt würde. Bei der 2. Hebung hätte die Vp. oft gar keine Erinnerung mehr an die erste, sie hätte aber einen gewissen mittleren Maßstab im Gedächtnis und schätzte deshalb als größer, was ihr größer erschien. Da nun kräftige Heber leichter den absoluten Eindruck der Leichtigkeit erhielten als den der Schwere, so ergäben sich bei ihnen mehr r., wenn $V < G$ (+ Typus), und bei weniger kräftigen (meist weiblichen) Hebern wäre das umgekehrt. Natürlich sei das, was sie im Vorstehenden als den absoluten Gewichtseindruck bezeichnet hätten, noch einer weiteren psychologischen Diskussion fähig (S. 225).

S. 216: »Die Wahrnehmung der aufgewandten Kraft kann allein genommen einen Vergleich gehobener Gewichte überhaupt nicht ermöglichen«.

S. 220: »Die Schätzung der aufgewandten Kraft spielt bei der Vergleichung gehobener Gewichte keine Rolle«[1]).

S. 216: »Das Urteil kommt so zustande, daß wir nur die an den Gewichten auftretenden Bewegungen in Betracht ziehen, indem wir (von Zufälligkeiten und besonderen Einflüssen abgesehen) bei beiden Gewichten annähernd denselben Hebungsimpuls geben und bei unseren Urteilen stets gewissermaßen von der Voraussicht einer gleichen Stärke der Hebungsimpulse ausgehen.«

Die Heranziehung des Begriffes eines »absoluten Gewichtseindrucks« soll wohl den Sinn haben: Nur in solchen Fällen [die aber dann als ziemlich zahlreich anzunehmen wären] tritt dieser absolute Gewichtseindruck in Wirksamkeit, in denen trotz des Auftrages, das zu zweit gehobene Gewicht mit dem ersten zu vergleichen, ein solcher Vergleich nicht stattfindet, sondern nur ein Vergleich mit einem im Gedächtnis haftenden mittleren Maßstab. Doch auch so wäre es immer wieder ein »Vergleich«, und zwar ein solcher, bei dem das Urteil nach Müller und Schumann, S. 57, auch nur auf dem Geschwindigkeitseffekt beruht. Lehmann (37) nennt denn auch, gegen Martin und Müller sich wendend, ein solches »Urteilen nach dem absoluten Gewichtseindruck« einen bloß weniger bewußten Vergleich.

Sehr scharf wendet sich Müller gegen Wreschner, Fullerton und Cattell und Wundt, während er Jakobj teilweise zustimmt.

---

1) Man erinnere sich des angeblich hierfür beweiskräftigen Delboeufschen Experiments, das Müller und Schumann zitieren (s. oben S. 189).

Das, was Jakobj Latenzzeit nennt und als entscheidendes Kriterium hinstellt, hatten bereits Müller und Schumann (S. 61) als gelegentlich wesentlich mitwirkend bezeichnet.

Fröbes (35) nahm »das klassische Gebiet des absoluten Eindruckes, die Gewichtsversuche« mit dem Hauptziel, »die Urteilsfaktoren aufzuklären« (1904). Nach der Konstanzmethode suchte Fröbes äquivalente Reizunterschiede zu bestimmen in der Weise, daß der zwischen 600 g und 1200 g festgestellte Unterschied auch zwischen 1200 g und einem dritten Gewicht aus einer Reihe von 10 variablen Gewichten gesucht wurde, die, bei 1300 g beginnend, um je 120 g bis zu 2380 g stieg.

Das Gewicht *A* (600) wurde immer 2 mal vorausgegeben, dann folgten *A B C*. Es entstanden also Serien von je 10 Quintupelhebungen. Das Urteil: zweiter Unterschied $<$, $>$ usw. bezog sich immer auf die 3 letzten Hebungen. Die Hubhöhe wurde zunächst durch eine Schnur auf 8 cm festgesetzt, das Tempo durch ein Metronom bestimmt, später fiel beides weg. 4 Vp.

Es ist nicht ersichtlich, wie durch ein solches Verfahren das Hauptziel, die Urteilsfaktoren aufzuklären, irgendwie gefördert werden konnte. Das Einzige, was in dieser Hinsicht einiges Interesse bietet, sind die Selbstbeobachtungen einiger Vp., die aber, da jede Verifikation durch experimentelle Bestimmungen fehlt, bloße Vermutungen sind. Immerhin sind sie deswegen beachtenswert, weil die Haupt-Vp. Prof. G. E. Müller selbst war, und das Durchlesen seiner Aussagen wertvolle Rückblicke auf seine eigene Theorie gestattet. So z. B.: »Es war eine Tendenz vorhanden, den absoluten Eindruck des dritten Gewichtes allein für das Urteil bestimmend sein zu lassen.« — »Das Urteil konnte auf einer Vergleichung der absoluten Beurteilungen aller 3 Gewichte beruhen.« — »Es waren visuelle Schemavorstellungen maßgebend.« — »Die motorische Einstellung bewirkt Komplikationen, wenn *C* infolgedessen fliegt. Dann erscheint *C* wegen des Fliegens leichter und gelegentlich gleichzeitig durch den Drucksinn schwerer als *B*. Ich weiß da nicht recht zu urteilen.«

Man erinnere sich, daß Müller und Schumann eine Schwere-E. auf Grund des Drucksinns ausgeschlossen hatten. Auch beweist nichts, daß es in diesen Fällen, auf die die zitierte Aussage sich bezieht, sich wirklich um den Drucksinn handelt. Es erscheint sogar als völlig ausgeschlossen angesichts der bereits zitierten experimentellen und pathologischen Befunde. Halten wir aber die Tatsache fest, daß ein Eindruck von der Schwere gleichzeitig mit dem Müllerschen Kriterium des Geschwindigkeitseffekts auf Grund anderer

Empfindungen sich einstellt und unabhängig von jenem Kriterium sich behauptet.

»Manche Äußerungen der Vp. R. zeigen, daß bei ihren Urteilen tatsächlich eine Vergleichung der objektiven Gewichtsgrößen eine Rolle spielt« (S. 262). »Die Schätzungen waren leichter (d. h. gelangen besser), wenn die Gewichte rasch gehoben wurden« (S. 264).

In eine Diskussion darüber, auf Grund welcher Empfindungen wir solche »absoluten Eindrücke von den objektiven Gewichtsgrößen« erhalten, geht Fröbes nicht ein. Von der früheren Müller-Schumannschen Theorie schweigt er ebenfalls.

Alfred Lehmann (37), »Beiträge zur Psychodynamik der Gewichtempfindungen«, d. h. der »Empfindungen, die durch das Heben von Gewichten erregt werden und die subjektive Vergleichung von Gewichten ermöglichen« (1906), untersucht die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes, die psychische Grundlage der Gewichtsvergleichung und die Zeitfehler. Letzteres war das ursprüngliche Hauptziel gewesen, so daß sich die Analyse der Empfindungskomplexe nur als Nebenresultat ergab.

Die Versuchsanordnung war ähnlich wie bei Müller und Schumann. Die Hubhöhe wurde durch eine Schnur auf 18 cm festgesetzt, doch wurden die Gewichte nicht, wie bei Müller und Schumann, ruckweise, sondern langsam gehoben, jedoch ebenfalls im Takt des Sekunden-Metronoms. Dem eigentlichen Vergleichspaar gingen bei späteren Versuchen 2 Einstellungshebungen voraus, die durch Pausen von 4 Sekunden voneinander und von dem folgenden Paar getrennt waren. Als Vp. wirkten zunächst nur der Verf. selbst und ein Student. Später kam für einen Teil der Versuche noch eine Vp. dazu. »Es wurde ausschließlich die Grenzmethode (Minim.-Ä.) angewandt; nur zuletzt wurde des Vergleichens wegen eine kleine Versuchsreihe nach der Konstanzmethode (r. u. f.) ausgeführt« — stets nach dem einhändigen Verfahren. Die Vp. wußte, welches Gewicht der Normalreiz war, so daß also die Raum- und Zeitlage bekannt war. Zu jeder Raumlage wurden die Bestimmungen zweimal in auf- und ebenso oft in absteigender Richtung ausgeführt, und dann in gleicher Weise mit umgekehrter Reihenfolge der Normalgewichte. Die Vp. wußte auch, ob die Reihe eine auf- oder absteigende war, doch wurde nicht immer mit demselben Vergleichsgewicht begonnen, und auch die Abstände waren verschieden. Später wurden nur noch aufsteigende Reihen gegeben.

Lehmann zitiert und billigt die Müller-Schumannsche Theorie, will sie jedoch auf ruckweise Hebungen beschränkt wissen

und nimmt für das von ihm befolgte langsamere Hebungsverfahren an, daß auch Spannungs- und Druckempfindung eine Rolle spielen und ein feineres Abschätzen ermöglichen. Die Hubgeschwindigkeit, die bei Müller und Schumann den Ausschlag habe geben müssen, erhalte bei ihm (Lehmann) aber eine ganz andere Bedeutung.

»Wenn z. B. ein Stein zweimal geworfen wird, einmal 5 m, ein andermal 20 m weit, so werden die verschiedenen Wurfweiten, wie bekannt, nur erreicht dadurch, daß dem Stein verschiedene Geschwindigkeiten gegeben werden. Die dazu nötigen Muskelarbeiten wachsen aber mit den Quadraten der erreichten Geschwindigkeiten, und mit der Größe der ausgeführten Arbeit wächst — was wohl als bekannt vorausgesetzt werden darf — ebensowohl die Stärke der Spannungsempfindung. Vergleichen wir also die Sp.-Empf., die von geleisteten Muskelarbeiten hervorgerufen werden, dann wird folglich, bei gleichem Gewicht, der größeren Geschwindigkeit eine intensivere Sp.-Empf. entsprechen. Ob wir nun unsere Gewichte irgendwohin werfen oder einfach heben, macht in dieser Beziehung keinen Unterschied. Wenn die Sp.-Empf. für die Beurteilung entscheidend sind, muß also ein gegebenes Gewicht um so schwerer erscheinen, je schneller es gehoben wird« (S. 434).

Das wäre also der Geschwindigkeitseffekt Müllers und Schumanns mit umgekehrter Wirkung.

Ich muß gestehen, daß mir diese Argumentation durchaus nicht zwingend erscheint.

Zunächst muß ich bezweifeln, ob man einen Stein, er sei groß oder klein, ohne »Ruck« bis 20 m weit zu werfen pflegt, ob also nicht doch ein (gerade für Lehmann) recht wesentlicher Unterschied besteht zwischen dem Steinwerfen und dem langsamen Gewichtheben.

Dann aber kann es sich beim Steinwerfen nach bestimmtem Ziel nicht um den Vergleich der Spannungs-E. handeln, die als Wirkung des Wurfes auftreten, sondern es müssen uns (man denke an die wunderbaren Leistungen der Jongleure) sehr feine Empfindungen gegeben sein, die im Augenblick des Wurfes die ganz genaue Einstellung des Impulses und des gesamten motorischen Apparates ermöglichen. Man übersehe nicht die ganz verschiedene Einstellung der Aufmerksamkeit! Beim Werfen ist sie ausschließlich auf den erforderlichen Impuls selbst gerichtet, beim Vergleichen gehobener Gewichte aber auf die nachträgliche Wirkung der ausgeführten Muskelarbeit oder auf die Empfindungen, die während des Verlaufes der Hebung uns gegeben sind.

Lehmann schließt auf Grund seiner Annahme weiter: »Sind die beiden Gewichte gleich groß, so wird die Innervation bei der zweiten Hebung dem Gewicht etwas genauer angepaßt sein als bei der ersten; das erste Gewicht steigt daher etwas schneller empor als das zweite und wird folglich, unserer Voraussetzung gemäß, größer geschätzt« (S. 435).

Ich werde auf diese Annahme, die Lehmann mangels jeder Geschw.-Messung nicht nachprüfen konnte, zurückkommen, wenn der Bericht über die eigenen Versuche einen experimentell fundierten Schluß auf den vorliegenden Tatbestand erlaubt.

Lehmanns bezügliches Schlußergebnis lautet: »Wenn ein gegebenes Gewicht ohne Einstellung der motorischen Innervation gehoben wird (d. h. ohne vorhergehende Einstellungshebungen), ruft es eine stärkere Spannungsempfindung hervor, als wenn es mit Einstellung gehoben wird. Der Unterschied der beiden Empfindungen ist eine von der Hubgeschwindigkeit abhängige konstante Größe« (S. 446).

»Wenn die Gewichte langsam, ohne Ruck gehoben werden [doch mußte, der Versuchsanordnung entsprechend, die Strecke von 18 cm in längstens 1 Sekunde zurückgelegt sein], wird ein Gewicht um so größer beurteilt, je größer die Hubgeschwindigkeit ist. Bei der schnellen, ruckweisen Hebung dagegen wird ein Gewicht, der Müllerschen[1]) Theorie zufolge, um so kleiner beurteilt, je größer die Hubgeschwindigkeit ist« (S. 499).

Es ist also bei Lehmann wie bei Müller-Schumann der Geschwindigkeitseffekt, der ausschlaggebend das Urteil bedingt, nur bei Lehmann mit entgegengesetzter Wirkung und — mittels anderer Empfindungen. Bei Müller und Schumann beruhe die bez. Wahrnehmung auf der Gelenksensibilität, bei Lehmann auf Spannungsempfindungen die ihrerseits von der Hubgeschwindigkeit abhängig seien.

Druck-E. wirken nach Lehmann wahrscheinlich immer mit, aber nur in sehr untergeordnetem Maße.

Treves (44) experimentierte 1908 mit einem Ergographen. Ein ausgestreckter Mittelfinger machte, indem er die zweite um die erste

1) Wie wir gesehen haben, beschränken Müller und Schumann ihre Theorie keineswegs auf ruckweises Heben. Auch Fröbes ließ bald schnell, bald langsam heben, und G. E. Müller als seine Vp. wendet seine Theorie auch hier immer in seinem alten Sinne an, nie mit der umgekehrten Tendenz Lehmanns. Das Müllersche Kriterium wirkt bei ruckweisem Heben bloß häufiger und deutlicher, soll aber nach den Autoren allgemein gelten.

Phalanx beugte, bis die beiden Glieder einen rechten Winkel bildeten, eine an Umfang stets gleiche (?), an Kraft aber variierbare rasche Zugbewegung, wodurch über einer Rolle hängende Gewichte gehoben wurden. Da der bewegte Hebel des Ergographen in einen elektrischen Kreis eingeschaltet war, konnten die von Beginn bis Ende der Züge verflossenen Zeiten mittels einer Deprezschen Signalfeder registriert werden. Sie bewegten sich von $^{20}/_{100}$ bis $^{110}/_{100}$ Sekunden. Doch wurde auf diese Weise nicht die ganze Kurve der dem Finger erteilten Geschwindigkeit, sondern nur die bei der Hebung verflossene Gesamtzeit festgehalten.

Treves wandte die Konstanzmethode (r. u. f.) an und stieg unwissentlich in gruppenweisem Wechsel uf und ab. Das Urteil wurde bald über das Grund-, bald über das Vergleichsgewicht abgegeben. Jedes Vergleichsgewicht wurde je dreimal nacheinander gehoben. Die Anzahl der Vergleichsproben war verschieden. Dasselbe Verhältnis wurde bald 6, bald über 30 mal gegeben. Aus den je 3 registrierten Zeiten wurde das Mittel genommen und diese Zahl den Berechnungen zugrunde gelegt.

Diese Berechnungen erfolgten auf Grund der Annahme, daß nicht nach einfachen Empfindungen (wie beim Gesichts-, Gehörs- oder Geschmackssinn), sondern nach der »Anstrengung« geurteilt würde. Die »Anstrengung« sei gleich dem Produkt aus dem Gewicht (P) und dem reziproken Wert der Beschleunigung (d. h. der mittleren Beschleunigung des gehobenen Gewichtes). Diese Beschleunigung sei gleich dem Verhältnis der durchlaufenen Strecke (S) und dem Quadrat der dazu verwandten Zeit: $\frac{S}{T^2}$. Für die Berechnung der Anstrengung ergab sich also die Formel: $\frac{P T^2}{S}$, und da S stets gleich blieb: $P\ T^2$.

Wie Treves zu der Annahme kommt, daß die Gewichtsvergleichung auf dem Gefühl der Anstrengung beruht, setzt er nach Hinweis auf seine früheren Arbeiten (40, 41, 42, 43) zusammenfassend so auseinander: »Das Gefühl von Anstrengung, das jede willkürliche Bewegung begleitet, wird durch einen komplizierten Reiz erregt, dessen physikalische Elemente (mittlere Muskelspannung und Dauer derselben) eine Größe darstellen, die ohne unser Wissen auch bei gleichem Widerstande großen Schwankungen unterliegen kann, selbst wenn der Bewegung absichtlich die größte Schnelligkeit mitgeteilt wird; deshalb sollten diese Schwankungen um so eher dann wieder eintreten, wenn, wie bei der Vergleichung von Gewichten, dem Hebenden keine auf die Geschwindigkeit der Hebung bezügliche

Angabe gemacht wird. Bei Versuchen, Gewichte miteinander zu vergleichen, sollte logischerweise nur das Kriterium der mit Sicherheit abschätzbaren minimalen Unterschiede Anwendung finden, und die auf diese Weise gefundenen Werte müßten erklärt werden als die kleinsten Gewichtsdifferenzen, welche imstande sind, einen Unterschied der Anstrengung herbeizuführen, der stets größer ist als die Schwankungen derselben, die durch die unbewußten Modifikationen des Impulses bewirkt werden.« Daraus ergibt sich dann auf Grund der oben bereits wiedergegebenen Deduktion die Berechnungsformel, die seltsamerweise ebenso sich gestaltet hätte, wenn man die Formel des freien Falls eingesetzt hätte, während es sich hier doch um Hebung mit Muskelkraft handelt, und wie Treves selbst S. 354 erwähnt, oft eine Hebung mit verzögerter Geschwindigkeit, »um das Gewicht länger in der Höhe zu halten«.

Ich muß den doppelten Zweifel erheben, ob sich die »Anstrengung« überhaupt auf diese Weise berechnen läßt, und ob das Vergleichsurteil sich auf ein solches physikalisches Ergebnis stützen kann. Die notwendige Kritik an der ungeeigneten Verrechnungsweise (Verrechnung des Mittels aus 3 Zeiten) leitet Treves selbst schon ein und empfiehlt für weitere Versuche, von solchen Wiederholungen abzusehen. Es liegt ja auf der Hand, daß die Vp., die 4 Hebungen vollzieht, nicht immer, ja vielleicht sogar recht selten die 4. Hebung mit dem Mittel aus den 3 ersten vergleicht. Sie wird vielmehr sich sehr oft an die 3. Hebung allein halten, wenn sie das Vergleichsurteil fällt. Da aber die Zeiten nach Treves' Angabe sehr schwankten (20 bis 110 Einheiten), so ist die Wahrscheinlichkeit äußerst gering, daß Treves in dem Mittel aus den 3 Hebungszeiten (seine Formel und seine Grundanschauung als richtig und begründet vorausgesetzt) in der Regel den dem Vergleichsurteil zugrunde liegenden Wert getroffen hat.

Die Versuche wurden nur mit einer Vp. angestellt und (nach Erledigung der Vorversuche) nur an 5 Tagen. Unter 1332 Vergleichen waren 71,30% richtige Urteile.

Mit dem Verhältnis der Anstrengungen stimmten überein 64,01%. Nach Ausscheidung der Fälle mit gleichen Gewichten ($G = V$) und der Fälle, »in denen der Unterschied zwischen den Gewichten zu groß ist, als daß das Verhältnis der Anstrengungen anders hätte sein können«, verbleiben noch 896 Vergleiche mit 65,38% richtigen Urteilen; mit dem Verhältnis der Anstrengungen stimmten überein 56,85%. Etwas günstiger gestaltet sich das Ergebnis (für Treves' Annahme), wenn seine Einteilung der Urteile in »kongruente« (»logische« + »nicht unlogische«, auf das Anstrengungsverhältnis bezogen)

und »inkongruente« berücksichtigt wird. Das ergibt für den ersten Fall (Berechnung für alle Vergleiche) 71,84% kongruente, d. h. mit Treves' Annahme kongruente Urteile, worunter 61,24% »logisch« und 10,60% »nicht unlogisch« sind, und für den zweiten Fall (nach Ausscheidung der oben bezeichneten Vergleiche) 68,10% kongruente, worunter 53,51% »logisch« und 14,65% »nicht unlogisch« sind.

Die Kritik wird manchen Zweifel erheben müssen.

Da ist also selbst bei der für Treves' Annahme günstigsten Verrechnungsweise der Prozentsatz der »nach Anstrengungswerten richtigen Urteile« nicht größer als der nach dem objektiven Gewichtsverhältnis r. Urteile. Aber die hierbei vollzogene Zuziehung der »nicht unlogischen« Urteile, so genannt, weil sie nicht ausdrücklich gegen die Anstrengungstheorie sprechen (aber auch nicht dafür), ist keineswegs zwingend. Nimmt man einfach die richtigen Urteile erst nach dem Verhältnis der Gewichte und dann nach dem Verhältnis der Anstrengungswerte, so ergibt sich fürs erstere ein erheblich höherer Prozentsatz: 71,30% gegen 64,01%. Es liegt also hiernach kein Grund vor zu schließen, daß das Gewichtsverhältnis es nicht gewesen sei, das diesen höheren, zu seinen Gunsten sprechenden Prozentsatz erzeugt habe. An 2 Versuchstagen war sogar die Anzahl der richtigen Urteile (richtig nach dem objektiven Gewichtsverhältnis) bedeutend größer als die Summe der »logischen« und »nicht unlogischen«. Und da es sich im ganzen nur um 5 Versuchstage handelt, besteht keine Garantie dafür, ob dieses Ergebnis bei einer Vermehrung der Versuchstage und Hinzuziehung weiterer Vp. nicht das allgemeine gewesen wäre.

Die inkongruenten Urteile erklärt Treves ähnlich wie Müller und Schumann.

Die Beschränkung auf eine einzige Vp. ist auch deswegen unzureichend, weil gerade diese Vp. ein stark ausgesprochen negativer Typus war, d. h. in der Regel dann, wenn das Vergleichsgewicht kleiner war als das Normalgewicht, ein f. Urteil abgab.

Treves nimmt zwar an, daß alle Vp. sich so verhalten müßten, aber das ist durchaus unbegründet und widerspricht den diesbezüglichen Feststellungen von Martin und Müller.

Wie sehr dieser Typus das Ergebnis Treves' beeinflussen mußte, zeigt eine genaue Prüfung der beiden Protokoll-Beispiele, die Treves gibt. I. Grundgewicht 2000, Vergleichsgewicht 1880. 11 mal wird 1880 zuerst gegeben: alle diese Urteile sind r.; 22 mal wird 2000

zuerst gegeben: hiervon sind nur 9 Urteile r. II. Grundgewicht 1000, Vergleichsgewicht 860; 11mal wird 860 zuerst gegeben: alle diese Urteile sind r.; 17 mal umgekehrte Zeitlage: nur 5 r. 15 mal hätte bei diesen beiden Versuchsreihen ein dem Gewichtsverhältnis entgegenwirkendes Anstrengungsverhältnis Gelegenheit gehabt, das Urteil zu täuschen; aber nur 6 mal ist das Urteil unrichtig, und in allen diesen Fällen war das Vergleichsgewicht kleiner. Ursache des Irrtums war also nicht das Anstr.-Vh., sondern der negative Typus der Vp.

Treves' Schlußfolgerung lautet in dem für uns entscheidenden Teil trotzdem ganz entschieden: »Die Grundlage der Vergleichung beim Heben von Gewichten rührt ausschließlich von dem Gefühl der Anstrengung her und nicht von dem Gefühl des Druckes oder des Widerstandes, von dem gewöhnlich gesprochen wird« (S. 346).

Wir haben gesehen, daß durchaus kein Grund vorliegt, diese Bestimmung als bewiesen oder auch nur als wahrscheinlich anzunehmen.

Arbeiten neueren Datums, so Urban (47) 1909 und 1912, beschäftigten sich nicht mehr mit der grundlegenden Frage, nach welchen E. das Urteil zustande käme, sondern mit methodologischen Untersuchungen.

Es stehen sich also die widersprechenden Ergebnisse der genannten Autoren noch immer unausgeglichen gegenüber, und eine erneute grundlegende Untersuchung ist deshalb unerläßlich.

Die Richtlinien für die neuen Untersuchungen sind z. T. schon durch die Kritik der Vorarbeiten gegeben.

Nur auf eins sei noch hingewiesen.

Überall war die mit der Kraftleistung verbundene Bewegung so groß (meist mehrere Zentimeter, oft 20 bis über 40 cm), daß sie dem isotonischen Regime angehörte. Die Kraft-E. waren also auch nicht annähernd isoliert, und es konnte nicht mit Sicherheit auf ihren Anteil am Vergleichsurteil geschlossen werden. Um dies zu ermöglichen, muß das isometrische Regime befolgt werden; d. h. die Bewegungen müssen so minimal als möglich sein; genauer: die Exkursionen dürfen 2 oder 3 mm nicht übersteigen.

B. Eigene Versuche.

1. Teil: Untersuchungen über Kraftempfindungen bei Federspannung.

Die Vp. waren Prof. Dr. G. Störring, Privatdozent Dr. Erismann, Fräulein Bernstein, Fräulein Beyfuß, Herren Adams, Rose, Schütz, Schneider, Wagner sowie für einige Versuchsreihen gegen Schluß auch Verf., wobei die Herren Rose und Schütz als Protokollanten tätig waren.

Der Apparat.

Als Apparat diente Professor Störrings verbesserter Ergograph, der seiner eigentlichen Zweckbestimmung entsprechend hier besser Dynamograph genannt sei.

Seine genaue Beschreibung nebst Abbildung findet sich in der Arbeit von A. H. Rose: Der Einfluß der Unlustgefühle auf den motorischen Effekt der Willenshandlungen (Archiv f. d. ges. Psych. Bd. XXVIII. S. 107). Die dort abgebildete sehr starke, auf Maximal-Kraftleistungen berechnete Feder wurde bei unseren Versuchen durch schwächere Federn oder durch über einer Rolle hängende Gewichte ersetzt.

Da bei jeder Kraftübertragung, wie sie zum Ablesen des Kraftmaßes üblich ist, ein unmeßbares Quantum von Kraft verloren geht, für uns aber ganz genaue Kraftmessung unerläßlich war, mußten wir von jeder derartigen Vorrichtung absehen. Wir maßen deshalb die Federspannungen nach der Spiegel-Fernrohr-Methode.

Eine kurze Beschreibung des Apparates ist zum Verständnis der Versuchsbedingungen unerläßlich.

Eine Spiralfeder wird in wagerechter Lage so eingespannt, daß das eine Ende durch Zug unverschiebbar ist. Durch Schrauben an beiden Enden läßt sich die Spannung der Feder variieren und genau einstellen. Auch läßt sich die Feder leicht herausnehmen und durch eine andere, stärkere oder schwächere ersetzen. Die Zugstange endigt in einem breiten, kreisrunden Messingring, so daß also nicht mit der ganzen Hand, sondern bloß mit einem Finger (dem Mittelfinger) gezogen wird. Diese Einrichtung ist deswegen von großer Bedeutung, weil dadurch der störende Einfluß zufälliger Druckreizänderungen auf ein Minimum reduziert und die Anzahl der beteiligten physischen

Organe nach Möglichkeit beschränkt wird. Dieser Ring ist an der Stange mittels Haken und Öse befestigt, und mit Hilfe einer Schraube läßt sich sein Durchmesser wagerecht, senkrecht oder schief stellen. Wir gaben ihm die wagerechte Lage und umwickelten die Verbindungsstelle so mit einem Kautschukstreifen, daß keine auch noch so kleine Vor- und Rückverschiebung mehr möglich war, ohne daß die Stange (und die Feder) mitgezogen wurden. Hingegen blieb die wünschenswerte Elastizität für kleinen, leichten Druck nach oben oder unten, wie das beim Anfassen und Loslassen unvermeidbar ist, genügend erhalten. In gleicher Höhe steht vor dem Ring (gewöhnlich in 45 mm Abstand, jedoch nach der Handgröße verschiebbar) ein Querbalken, an den sich der nach unten gekehrte Ballen der Hand legen kann, während der Daumen sich entweder darunter in eine Kerbe oder seitlich um die Ecke krümmt. (Dies letztere blieb der Bequemlichkeit der Vp. überlassen, mußte aber, einmal auf die eine Art eingeübt, beibehalten werden.)

Jede Verschiebung der Zugstange (und damit jedes Ausziehen der Feder) wurde durch eine entsprechende Drehung des auf senkrechter Achse stehenden Spiegelchens begleitet. Diesem Spiegelchen gegenüber stand in 2,30 m Abstand ein Fernrohr (mit Fadenkreuz) mit einer genau wagerechten 1,50 m langen Skala in Zentimeter- und Millimeter-Einteilung. Jede Drehung des Spiegelchens wurde etwa 600fach vergrößert gesehen. Dem zunächst und zumeist gewählten, größeren Zug, der in der Skala 80 cm betrug, entsprach also eine wirkliche Bewegung am Ring und somit an der Feder von $1^1/_3$ mm. Die abgelesene Verschiebung war somit ein relatives Maß für die Größe der Bewegung und zugleich für die Spannung der Feder, also auch für die aufgewandte Kraft.

Die Zeit konnte zunächst mit einer Stop-Uhr gemessen und auf Fünftelsekunden verzeichnet werden. Eine genauere Zeitmessung, namentlich auch ein Festhalten der ganzen Kurven, also sämtlicher Geschwindigkeitsphasen, erfolgte durch Hinzunahme eines Kymographions. Der die Kurven schreibende Zeiger war an der Spiegelachse befestigt. Ein elektrischer Schreiber markierte auf der Trommel dicht neben der Kurvenbasis die Glockensignale zum Beginn und, wo solche gegeben wurden, zum Anhalten der Bewegung.

Ein zweiter elektrischer Kreis bewirkte in den hierzu bestimmten Versuchsreihen ein Glockenzeichen in dem Augenblick, in dem die Bewegung eine gewisse, vorher abgesteckte Ausdehnung erreicht hatte. Der elektrische Strom wurde zu diesem Zweck in eine an der Zugstange verschiebbar befestigte, nach der Zugrichtung weisende

Platinspitze geleitet, die also jede Bewegung mitmachte und bei der Berührung eines gegenüber auf der Unterlage feststehenden, leicht federnden Platinstreifens einen Kontakt herstellte und ein Glockenzeichen veranlaßte.

Die Spiralfeder konnte leicht herausgenommen und durch zu hebende Gewichte ersetzt werden in der Weise, daß in den Haken der Zugstange ein Bindfaden gehängt wurde, der über eine am Ende des Dynamographen in gleicher Höhe befestigte Rolle lief und am frei herunterhängenden Ende einen starken Drahthaken trug, woran beliebig schwere Gewichte gehängt werden konnten. Durch Zug am Ring wurden diese gehoben.

Versuchsanordnung und Methode.

Es wurde nach der Methode der mittleren Fehler und nach der Methode der Minimaländerungen mit unregelmäßiger Variation der Reize gearbeitet. Die Federversuche wurden nach der Methode der mittleren Fehler ausgeführt. Die Anwendung der Methode der r. und f. Fälle erwies sich als unzweckmäßig für die Federversuche. Wir werden darüber unten eine ausführliche Auseinandersetzung machen.

In den ersten Monaten (Januar bis Mai 1912) wurde nur mit den Federn gearbeitet.

Der Beobachter (B.) saß am Fernrohr, die Stopuhr in der Hand, und richtete den Blick durch das Fernrohr auf das Spiegelchen. Vp. saß auf einem erhöhten Drehstuhl vor dem Dynamographen, den Unterarm bequem auf einem Federkissen, den Handballen mit dem Daumen am Querbalken des Apparates, den Mittelfinger so im Ring, daß dieser die Innenfläche des 2. Gliedes berührte, die übrigen Finger frei herunterhängend, ohne den Mittelfinger, den Boden des Apparates oder den Querbalken zu berühren. Bei einem »Zug«, der den Ring nach der Vp. hinzog, bewegte sich also (merklich für Vp.) nur der Mittelfinger, indem das 2. Glied sich um das erste drehte. Auf den Zuruf »bald« gab Vp. ihren Fingern die letzte Bereitschaft und konzentrierte sich auf die gestellte Aufgabe; auf das etwa $1^1/_4$ Sekunden darauf folgende »Jetzt« zog sie langsam an, bis ein »Halt« ihr ein Anhalten und Zurücklaufenlassen gebot. Für den folgenden Vergleichszug (V.), der wieder durch »bald« — »jetzt« eingeleitet wurde, lautete der Auftrag: »dem 1. Zug gleichmachen!« Wenn Vp. diese Aufgabe erfüllt zu haben glaubte, ließ sie zurückgehen. B. verzeichnete die Ausdehnung der beiden Züge und die für jeden gebrauchte Zeit (in $^1/_5$ Sekunden). Der 3. Zug war wieder ein Normal-

zug mit Halteruf, der 4. ein Vergleichszug ohne »Halt« usw., Paar um Paar, bis eine Reihe von gewünschter Länge erreicht war. Die Pausen zwischen N. und V. waren möglichst kurz, damit das Bild von N. noch ziemlich frisch war, wenn V. folgte. Die Züge folgten sich jedoch nie in einem bestimmten Takt, da sämtliche Vp. sich die Zeiten für Hin- und Rückweg, für N. und V. sehr verschieden wählten und sie hierin keinem Zwang unterworfen werden durften. Nur ein zu rasches Anziehen mußte unterbleiben, da B. sonst nichts von den am Fernrohr vorbeihuschenden Ziffern lesen konnte, und Vp. auch keine verwertbare Vorstellung von dem Zug hatte. Doch gewöhnten sich bald alle Vp. an ein Ziehen mit ziemlich gleichmäßiger Geschwindigkeit (etwa 3—15 Sekunden für einen Hinweg von $1^1/_3$ mm) und konnten von da ab ihre Aufmerksamkeit ganz auf die Herstellung gleicher Paare richten.

In welcher Hinsicht die Züge gleich sein sollten, ob nach dem Kraftaufwand, oder nach der durchlaufenen Strecke, oder nach der dazu verwandten Gesamtzeit, oder nach der Geschwindigkeit der Bewegung, darüber wurde nicht diskutiert. Es wurde vielmehr den uneingeweihten, vorurteilslosen Vp. ganz überlassen, sich an das Kriterium zu halten, das sich als das zuverlässigste erweisen würde. (Dr. Erismann, der die Problemstellung kannte, beteiligte sich zunächst nur an wenigen Versuchen, um die Versuchsanordnung erproben zu helfen, und Prof. Störring begann erst im April, also 3 Monate später als die anderen mit dem Problem unbekannten Vp. Auch der Verf. wußte ja nicht, in welcher Richtung die Lösung zu erwarten war.) Um so wertvoller und zuverlässiger sind unter diesen Bedingungen die spontan abgegebenen Aussagen der Vp. über die Selbstbeobachtungen bezüglich ihres psychischen Verhaltens.

Es waren drei Federn verschiedener Stärke vorhanden, und da auch ohne Feder die gleichen Züge gemacht werden konnten, ergab sich hieraus eine weitere Versuchsreihe. Diese Federn sollen im folgenden als starke Feder (st. F.), mittlere Feder (m. F.), schwache Feder (sch. F.) und O. Feder (O. F.) bezeichnet werden.

Da nun die Hauptfrage, die entschieden werden sollte, die war: »Welches Kriterium (welche Art von Empfindungen) ist beim Vergleich zweier Züge für das Urteil entscheidend?« so versprachen folgende Versuchsanordnungen unzweideutige Hinweise zu liefern.

I. Es wurde mit verschiedenen Federn je eine Versuchsreihe gewonnen, bei der die Exkursionsweite dieselbe war, der Kraftaufwand also sehr verschieden.

II. Es wurde umgekehrt mit verschiedenen Federn eine in der

Ausdehnung sehr verschiedene, in der Endspannung aber gleiche Bewegung ausgeführt.

III. Die Federn wurden durch Gewichte ersetzt, die durch den gleichen Zug am Ring gehoben wurden und bestimmten Federspannungen gleich waren.

Um diese Versuchsreihen ausführen und rechnerisch verwerten zu können, mußten die absoluten Gewichte, denen die verschiedenen Federspannungen entsprachen, erst ermittelt werden.

Zu diesem Zwecke wurde an dem der Vp. zugekehrten Ende der Kiste, die den Dynamographen trug, in gerader Verlängerung der Zugstange und in gleicher Höhe mit dem Ring eine Rolle befestigt (dieselbe, über die bei den Gewichtsversuchen am anderen Ende die Gewichte gehängt wurden, — wegen des Reibungskoëffizienten). An Stelle des Fingers zog am Ring jetzt ein mittels Bindfadens über die Rolle gehängtes Gewicht. Wegen des Einflusses der Reibung wurde dafür Sorge getragen, daß die Zusatzgewichte sehr vorsichtig zugefügt wurden, und das Gesamtgewicht dann immer möglichst mit der gleichen Geschwindigkeit anzog. Da sich dennoch kleine Schwankungen ergaben, besonders bei m. F. und sch. F., so wurden für jeden Skalenstrich 5—10 »Züge« gemacht und das Mittel daraus in die Skala eingetragen. Durch Ablesen im Fernrohr konnte auf diese Weise eine den Federbewegungen entsprechende Gewichtsskala gewonnen werden. In der Tabelle ist diese bezeichnet: »Gewicht an der Rolle«[1]). Doch bedurfte diese Skala noch einer doppelten Korrektur (für jede Feder). Die angehängten Gewichte hatten nämlich außer der Federspannung noch die Reibung der Rolle zu überwinden, die bei den Zügen des Fingers nicht vorhanden war. Dem Apparat eine andere (vertikale) Stellung zu geben, um dadurch diese Rolle und ihre Reibung in Wegfall zu bringen, war wegen des Fernrohrapparates, der seine Stellung behalten mußte, nicht möglich. Es mußte also für jede Feder eine eigene Kontrollfeder konstruiert werden, die bei geringerer Spannkraft so große Ausschläge gab, daß diese Strecken in eine Skala eingeteilt werden konnten. (Versuche mit gekauften Federwagen, die bereits eine eingeteilte Skala aufwiesen, waren unzulänglich.) Diese Kontrollfedern wurden so konstruiert, daß das eine Ende mit einem Haken in den Ring des Dynamographen eingriff, das andere einen Ring bildete, in den die ziehende Vp. den Finger legte. Ein in der Nähe dieses letzteren Ringes auf-

1) Das zum Zwecke der Straff-Spannung der wagerecht liegenden Kontrollfeder zuerst angehängte Gewicht ist hiervon gleich in Abzug gebracht worden.

gelöteter Zeiger markierte auf der Unterlage die Punkte, die der durchs Fernrohr schauende Beobachter festgehalten wissen wollte. Hierauf wurde die Kontrollfeder samt ihrer nun mit Skala versehenen Unterlage senkrecht aufgehängt und durch Anhängen von Gewichten festgestellt, welche Belastung jedem Skalenpunkte entsprach. Ein Vergleich dieser Gewichtsskala mit der zuerst unmittelbar gewonnenen ergab für jeden Punkt eine Differenz, die aber noch nicht gleich der Reibung war, da bei der frei hängenden Kontrollfeder fast ihr ganzes Eigengewicht mitwirkte, nämlich vom Beginn der Windungen bis zum unteren Ende. Das war bei der Kontrollfeder für st. F. 75 g, für m. F. 55 g, für sch. F. 2,5 g. Diese Zahlen mußten also zu den angehängten Gewichten addiert werden.

Die zweite Korrektur mußte an der Skala selbst vorgenommen werden. War nämlich die Kontrollfeder in den Dynamographenring eingehängt, so verschob sich selbstverständlich beim Ziehen auch dieser Ring mit und zwar genau ebenso weit wie bei den Versuchen selbst. Damit verschob sich aber auch die gesamte Skala, die der Zeiger markierte, — nicht als festes Ganzes, sondern in ihren Teilen zueinander im Verhältnis der Ringverschiebungen. Wurde dann diese Kontrollfeder mit der so gewonnenen Skala senkrecht aufgehängt (an einem festen Haken), so verschob sich ihr aufgehängtes Ende nicht mehr. Die hierauf durch einfaches Anhängen von Gewichten gewonnene Skala deckte sich also nur dann mit der an der Hauptfeder gewonnenen, wenn jene Ringverschiebungen auf der Unterlage erst ausgeglichen worden waren. Es hatte also z. B. der Strich 120 der Streckenskala 2 mm rückwärts, nach 0 zu verschoben werden müssen. Das war bei sch. F. ziemlich belanglos, da dort einer Verschiebung (Dehnung) von 10 mm nur ein Spannungszuwachs von 0,582 g entsprach, bei m. F. aber betrug diese Größe schon 8,33 g und bei st. F. 20,75 g.

NB. Eine größere Normalstrecke als 120 (dies der im Fernrohr abgelesene Skalenstrich) wurde nie gewählt, so daß also auch bei erheblich fehlerhaftem Zuweitziehen das isometrische Regime stets gewahrt wurde. Die Skala reichte nämlich nur bis 150, die größte zulässige Bewegung war also $2^1/_2$ mm; ausnahmsweise darüber hinausschnellende Vergleichszüge mußten, da ihre Ausdehnung unbestimmbar war, annulliert werden; sie kamen nur äußerst selten vor, und es ist angesichts der tatsächlich gemachten Fehler sehr unwahrscheinlich, daß das zu 150 noch hinzutretende Plus auch nur ein einziges Mal so erheblich war, daß die Fingerbeugung 3 mm betragen hätte. Dasselbe gilt für die Gewichtshebungen.

In nachstehender Tabelle sind, auf Gramm abgerundet, die wichtigsten Ergebnisse der Federprüfung und Reibungsberechnung zusammengestellt.

	st. F.					m. F.				
Exkursion in Fernrohr-Skala in cm	Gewicht an der Rolle	Gewicht an der Kontrollfeder	Differenz	Reibung (Diff. – 75 g)	Reine Spannung	Gewicht an der Rolle	Gewicht an der Kontrollfeder	Differenz	Reibung (Diff. – 55 g)	Reine Spannung
20	1655	1509	146	71	1584	1025	917	108	53	972
30	1868	1716	152	74	1791	1111	1000	111	56	1055
40	2082	1924	158	82	2000	1196	1083	113	58	1138
50	2294	2131	163	88	2206	1282	1167	115	60	1222
60	2507	2339	168	93	2414	1367	1250	117	62	1305
70	2720	2546	174	99	2621	1453	1333	120	65	1388
80	2932	2753	179	104	2828	1539	1417	122	67	1472
90	3145	2860	185	110	3035	1625	1500	125	70	1555
100	3358	3168	190	115	3243	1711	1583	128	73	1638
110	—	—	—	—	—	1797	1667	130	75	1722
120	—	—	—	—	—	1883	1750	133	78	1805

Für die sch. F. war die Aufstellung einer vollständigen Skala, wie sich aus dem nachfolgenden Bericht ergeben wird, nicht nötig. Es genügt die Feststellung, daß bei 80 cm (Fernrohrskala) die Spannung 180 g, die Reibung ca. 5 g betrug. Zwischen st. F. und m. F. besteht annähernd das Verhältnis 2 : 1. Annähernd gleich sind die Spannungen für st. F. 30 und m. F. 120.

Vorversuche

dienten zur Ermittlung des geeignetsten Verfahrens für die oben mit I bezeichnete Versuchsanordnung sowie zur Einübung der 7 zunächst hierbei mitwirkenden Vp., 2 weitere Vp. kamen später noch hinzu.

Es zeigte sich bald übereinstimmend, daß sch. F. und O. F. den Vp. viel Mühe machten. Nur selten gelang es ihnen anfangs, so langsam und stetig zu ziehen, daß B. sicher ablesen und am gewollten Skalenstrich anhalten lassen konnte. Wir beschränkten uns deshalb für die ersten Sitzungen auf m. F. und st. F., mit denen abwechselnd begonnen wurde. Die gewählten Strecken, unter denen im Laufe jeder Stunde ebenfalls bunt gewechselt wurde, waren für jede F. zunächst 80, 55, 30. (Mit solchen Strecken-Bezeichnungen sind immer die durchs Fernrohr abgelesenen Skalenstrecken in Zentimetern gemeint.) Um ein gleichmäßiges Anhalten der N.-Züge zu ermöglichen,

setzte sich B. 5 cm vor dem jeweiligen Endpunkt, also bei 75, 50, 25 ein schwarzes Papierreiterchen auf die Skala, das als Warner diente, und hängte einen schwarzen Draht über den Endstrich selbst. In welchem Augenblick der Haltruf zu ertönen hatte, wenn genau am Ende angehalten werden sollte, hing von der Zuggeschwindigkeit ab, doch mußte der Ruf meist zwischen den beiden Reiterchen fallen. Im einzelnen war das für B. ebenso Sache einer längeren Übung, wie für Vp. das langsame, gleichmäßige Ziehen. N.-Züge, die erheblich von dem gewollten N. abwichen, wurden annulliert und wiederholt, ebenso solche Züge, bei denen Vp. durch Unaufmerksamkeit oder eine äußere Störung an der Ausführung oder am unbeeinflußten Urteilen gehindert worden war und infolgedessen selbst eine Wiederholung verlangte.

In den ersten Stunden wurden für eine N.-Strecke nur 3 aufeinanderfolgende Vergleichspaare ausgeführt, dann je 3 für die beiden anderen N. derselben Feder, hierauf ebenfalls 3 × 3 für eine andere Feder, dann wieder 3 × 3 für die erste usf., soweit die Stunde reichte. So zweckmäßig nun dieses Verfahren war als Training für Vp. und B., und so rasch es auch B. eine vorläufige Orientierung verschaffte über die Richtung, in der die Lösung gesucht werden mußte, so unzweckmäßig war es für die Verrechnung und Verwertung der Ergebnisse; denn es versteht sich ohne weiteres, daß Mittelwerte aus nur 3 Versuchen keine genügende Wahrscheinlichkeit beanspruchen können. Ich legte deshalb zunächst die in je einer Stunde von derselben Strecke mit derselben Feder gewonnenen Ergebnisse zu Gruppen von 6, 9 oder 12 zusammen und ließ nur noch Reihen von 6, 9 oder 12 Paaren ausführen. Um jedoch die Verrechnung zu erleichtern und namentlich, um aus mehreren Gruppen leichter und rascher Gesamtmittel zu erhalten, nahm ich bald nur noch Gruppen von je 10 Paaren. In den Tabellen sind diejenigen Mittelwerte, die sich nicht auf solche Zehnergruppen beziehen, sondern durch Zusammenlegen verschieden großer Gruppen hatten gewonnen werden müssen, nicht verzeichnet. Selbstverständlich kam es leicht vor, daß Vp. während einer solchen Versuchsreihe, besonders wenn sie mit st. F. arbeitete, ermüdete. Um das zu vermeiden, wurden nach 2, 3 oder 4 Zügen stets kleine Pausen eingeschoben, und jede Vp. erhielt die Anweisung, es stets zu melden, wenn sie im ziehenden Finger Müdigkeit empfände.

Da nun aber solche Versuchsreihen von je 10 Paaren verhältnismäßig zeitraubend waren, so daß in einer Stunde in der Regel höchstens 4 solcher Reihen gewonnen werden konnten, mußten wir uns in der Hauptsache zunächst auf eine Strecke beschränken, die dann nach-

einander, und zwar in abwechselnder Reihenfolge, bei den 4 Federn zur Anwendung kam. Aus zwei Gründen wurde hierzu die Strecke 80 gewählt: zunächst, weil mit sch. F. und O. F. kleinere Züge noch schwieriger herzustellen waren, und dann, weil sich bei 80 zwischen den Spannungen von st. F. und m. F. genauer als bei den kleineren Werten das Verhältnis 2 : 1 ergeben hatte. Bei sch. F. und O. F. waren die Schwierigkeiten auch jetzt noch groß genug. Nicht nur, daß es Vp. leicht nervös machte, mit so geringer Spannung, oder gar ohne solche, so ganz kleine, langsame Fingerbewegungen auszuführen: die Züge gelangen auch bei guter Disposition und gutem Willen oft nicht, so daß nicht in jeder Stunde die ganze Runde von 4 × 10 Paaren fertig wurde. Die nachfolgenden Tabellen werden deshalb nicht nur für die ersten Wochen, in denen nicht alle Vp. auch schon mit sch. F. und O. F. begonnen hatten, sondern bei einzelnen Vp. auch für später einige Lücken aufweisen, da wo die betreffenden Ergebnisse hätten eingetragen werden sollen.

Diese Lücken konnten nun zwar, wie hier vorweggenommen werden mag, das Schlußergebnis nicht wesentlich beeinflussen und nicht unsicher machen, doch verstand sich anderseits von selbst, daß weitere verlangsamende oder hindernde Momente diesen Stunden unbedingt ferngehalten werden mußten. Das war der Grund, weshalb das Kymographion erst bei den (späteren) Gewichtszügen regelmäßig mitbenutzt wurde. — War nämlich das Kymographion auch eingeschaltet, so wurde jede Pause nach einem Vergleichspaar um ein Mehrfaches verlängert dadurch, daß B. von seinem Platz am Fernrohr aufstehen, zum Kymographion laufen, die Rolle verschieben und wieder zurücklaufen mußte.

Eine andere Versuchsanordnung zu treffen, so daß das Fernrohrablesen wegfiel und B. seinen Standort am Apparat selbst nehmen konnte wie bei den späteren Gewichtszügen, wäre nur möglich gewesen durch Anbringung einer Arretierung. Das war ja technisch sowohl für die Methode der mittleren Fehler als auch für die Konstanzmethode und die der Minimaländerungen möglich. Für die erstere konnte die Arretierung, die N. begrenzte, bei V. wieder ausgeschaltet werden. Für die andere konnten 2 Arretierungen angebracht werden, deren eine ihre Lage beibehielt, aber bei V. ausgeschaltet werden konnte, während die andere mittels einer Mikrometerschraube leicht und genau verschoben wurde. Was uns dazu bewog, diese Versuchsanordnung zwar zu probieren, hier aber nicht anzuwenden, war die Beobachtung, daß ein gleichmäßiges, sofortiges Anhalten beim Ertönen des Signals nicht zu erreichen war, und zwar

gingen die Züge — das war das Schlimmste — recht verschieden weit über den vorgesehenen Haltepunkt hinaus. Das zeigte sich bei gleichzeitigem Fernrohrablesen und an den geschriebenen Kurven ganz auffällig. — Hätte man die Arretierung aber stärker gemacht, so daß sie ein für Vp. merkliches, den Zug anhaltendes Hindernis gewesen wäre, so hätte das (schon Fullerton and Cattell haben das bemerkt) infolge des sehr verschieden starken Anstoßes gegen das Hindernis einen durchaus unkontrollierbar variierenden Spannungszuschuß zur Folge gehabt. Bei den Gewichtszügen fielen die Bedenken gegen den bereits beschriebenen »schwachen« Kontakt weg, weil dort Schwankungen in den Zugstrecken ohne Einfluß auf die Spannung blieben. Deshalb wurde dort fast ausnahmslos das Kymographion mitbenutzt.

Die von uns angewandte Verrechnungsweise der Ergebnisse der Methode der mittleren Fehler war folgende: Die Differenz zwischen N. und V. wird als Fehler (F) bezeichnet. Es gibt also für jede Versuchsreihe von 10 Paaren 10 F. Deren arithmetisches Mittel ist unser »mittlerer Fehler« $F(m)$. Die Abweichung der einzelnen F von ihrem Mittel $F(m)$ ist die Variation (Var.); und das arithmetische Mittel der Var. ist die »mittlere Variation« (Vm).

Also

$$F(m) = \frac{F_1 + F_2 + F_3 \ldots Fn}{n}$$

$$V(m) = \frac{(F(m) - F_1) + (F(m) - F_2) \ldots + (F(m) - Fn)}{n}$$

Unsere Verrechnungsweise weicht also von der sonst üblichen wesentlich ab. Man bezeichnet gewöhnlich als »Hauptwert« oder »Mittelwert« das arithmetische Mittel aus den Vergleichswerten, als »Variation« die Abweichung der einzelnen Vergleichswerte von diesem mittleren Werte. Das Mittel dieser Abweichungen, »die mittlere Variation«, soll dann die nächste Beziehung zur Unterschiedsempfindlichkeit haben. Also (unter Beibehaltung der von uns angewandten Bezeichnungen für N. und V.)

$$a = \frac{V_1 + V_2 + V_3 \ldots Vn}{n}$$

$$v(m) = \frac{(a - V_1) + (a - V_2) \ldots + (a - Vn)}{n}$$

Diese Verrechnungsweise setzt aber zunächst voraus, daß die Normalreize stets genau gleich sind, was bei uns mangels einer Arretierung nicht der Fall sein konnte. Waren auch die Schwankungen nicht sehr groß (wo das eintrat, wurde der ganze Versuch annulliert), so kamen doch, besonders bei sch. F. und O. F., einigermaßen auch

bei m. F., oft kleine Abweichungen vor, weil der Normalzug nicht immer genau an der gewollten Grenze innehielt.

Die Vp. behielt nun jedesmal gerade den Normalzug im Gedächtnis, der ihr eben dargeboten worden war. Wollte man aber an dessen Stelle das Mittel aus den (schwankenden) Reizen der Berechnung zugrunde legen, so käme das der Annahme gleich, die Vp. hätte sich beim Vergleich nicht an den ihr jeweils gegebenen Reiz, sondern an einen »mittleren Reiz« gehalten, der ihrem Geist als der eigentliche Normalreiz vorschwebte. Aber auch für den Fall ganz gleicher Normalwerte stellt die gewöhnliche Verrechnungsweise als ihre mittlere Variation nur die mittleren Schwankungen der Vergleichswerte um ihr eigenes Mittel fest. Wer diesen Wert als ungefähres Maß für die Unterschiedsempfindlichkeit betrachtet (wie es gemeinhin geschieht), setzt, genau besehen, ebenfalls voraus, daß der Vp. für jede Versuchsreihe ein gewisser mittlerer Reiz vorschwebe, der dann von dem tatsächlich gegebenen *N.* um den konstanten Fehler verschieden sei.

Solche hypothetischen Voraussetzungen glaubten wir um so weniger machen zu dürfen, als sämtliche Vp. bestätigten, daß sie sich stets ausschließlich an den für jeden Einzelversuch erneuerten Normalreiz hielten und von der Größe der vorausgegangenen N. oder V. keine Erinnerung mehr hätten.

Wir treffen also mit unserem »mittleren Fehler« das unverfälschte arithmetische Mittel aus den Fehlern, die die Vp. tatsächlich machte bei dem Bemühen, den gleichen Reiz wiederherzustellen.

In welcher näheren Beziehung dieser $F(m)$ zur Unterschiedsempfindlichkeit steht, soll weiter unten diskutiert werden, nachdem eine andere Methode uns hierzu einen Vergleichsmaßstab geliefert haben wird.

Unsere $V(m)$, die für sich betrachtet angibt, ob die einzelnen Fehlerdifferenzen im Durchschnitt mehr oder weniger weit von ihrem Mittel abwichen, scheint auf den ersten Blick eine Beziehung zur Unterschiedsempfindlichkeit überhaupt nicht zu haben.

Ergebnisse.

I.

Es mögen nun zunächst einige vollständige Protokolle von Feder-Versuchsreihen wiedergegeben werden, damit aus ihnen alle Einzelheiten sowie die Verrechnungsweise ersehen werden können.

Vp. W.: 2. Aug. 1912. st. F. 80.

Lfd. Nr.	N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.	Aussagen der Vp.:
1	95	96	(+) 1	0,2	1 2/5	3	
2	95	95	0	1,2	10	4	
3	95	93	(−) 2	0,8	4 1/5	7	»schlecht, keine bewußte
4	95	95	0	1,2	11	2	[Störung«
5	95	97	(+) 2	0,8	10 2/5	2 2/5	»gut«
6	95,5	94,5	(−) 1	0,2	5	3 2/5	
7	95*	95*	0	1,2	2 2/5	6 1/5	
8	(94	88	—	—	2	6 2/5)	»schlecht, Aufmerksam-
9	95	100	(+) 5	3,8	2	3	[keitsstörung«
10	95	96	(+) 1	0,2	6	5 2/5	»gut«
11	95*	95*	0	1,2	6	5	
			12	10,8			

$F(m) = 1{,}2$; $V(m) = 1{,}08$

NB. Der Spiegel ist auf den Skalenstrich 15 eingestellt. Für N. muß also bei 95 »Halt« sein, damit die Strecke gleich 80 wird. Daß das ruhende Spiegelchen nicht immer das Bild der 0 in das Fernrohr zurückwarf, lag daran, daß ein zweiter Experimentator mit demselben Apparat arbeitete (an einem andern Problem); um zeitraubende Einstellungen zu verhüten, ließ ich dem Spiegelchen oft die Stellung, die es von der voraufgegangenen Stunde her noch hatte. st. F. = starke Feder. N. = Normalstrecke (in Skalenzentimetern). V. = Vergleichsstrecke (ebenso). Zt. für N. und für V. in ganzen und fünftel Sekunden. F. = Fehler beim Versuch des »Gleichziehens«. $F(m)$ = arithmet. Mittel oder mittlerer Fehler. Var. = Variation des Fehlers um sein Mittel $F(m)$. $V(m)$ = mittlere Variation.

Den 3. V.-Zug versah Vp. mit der Bemerkung »schlecht«, da sie aber keine Störung namhaft machen konnte, und der Zug tatsächlich nicht so schlecht war, wurde er nicht annulliert. Dagegen wurde Nr. 8 wegen bewußter Aufmerksamkeitsstörung von der Verrechnung ausgeschlossen. Bei den mit * versehenen Zügen 7 und 11 hatte Vp. eine so genaue Vorstellung von dem auszuführenden N.-Zug, daß sie anhielt, ohne auf den Halteruf zu warten, den B. in demselben Augenblicke auszusprechen im Begriff war. Bei den dazugehörigen Vergleichszügen zog sie zuerst 2—3 cm darüber hinaus, ließ dann aber langsam zurückgehen und sagte, am Ziele angelangt, »so«. Dieser für die Lösung höchst wichtige Fall ereignete sich häufig, auch bei anderen Vp.

Vp. Sn.: 14. Juni 1912. **m. F. 80.**

Lfd. Nr.	N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.
1	80	85	(+) 5	1,6	8	7
2	80	80	0	3,4	$6^2/_5$	$8^3/_5$
3	80,8	76,8	(−) 4	0,6	$7^1/_5$	$6^1/_5$
4	80	84	(+) 4	0,6	$8^1/_5$	10
5	80	85	(+) 5	1,6	9	7
6	80	82	(+) 2	1,4	7	$7^2/_5$
7	80,5	80,5	0	3,4	7	10
8	80	86	(+) 6	2,6	$9^2/_5$	8
9	80	84	(+) 4	0,6	7	$8^2/_5$
10	80	84	(+) 4	0,6	$8^2/_5$	12
			34	16,4		

$F(m) = 3{,}4$; $V(m) = 1{,}64$

Vp. St.: 9. August 1912. **st. F. 80.**

Lfd. Nr.	N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.
1	100	96	(−) 4	0,3	$3^2/_5$	$4^2/_5$
2	101	98	(−) 3	1,3	$6^2/_5$	$5^2/_5$
3	100	95	(−) 5	0,7	6	$4^3/_5$
4	100	97	(−) 3	1,3	6	$5^2/_5$
5	100	105	(+) 5	0,7	$8^2/_5$	$5^2/_5$
6	100	105	(+) 5	0,7	$6^2/_5$	$6^3/_5$
7	98,5	90,5	(−) 8	3,7	$4^2/_5$	6
8	100	100	0	4,3	$4^2/_5$	7
9	100	107	(+) 7	2,7	5	7
10	100	97	(−) 3	1,3	$6^2/_5$	$5^3/_5$
			43	17		

$F(m) = 4{,}3$; $V(m) = 1{,}7$

Dieselbe Vp. in derselben Stunde mit **m. F. 80.**

Lfd. Nr.	N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.	Aussagen der Vp.
1	100	99	(−) 1	7,1	$4^2/_5$	$6^3/_5$	
2	100	98	(−) 2	6,1	4	$3^3/_5$	
3	100	85	(−) 15	6,9	5	$4^3/_5$	
4	100	91	(−) 9	0,9	3	4	
5	100	101	(+) 1	7,1	$3^2/_5$	4	[Aufmerksamkeit«
6	(101	107			3	$3^2/_5$)	»Zu große Störung der
7	100	104	(+) 4	4,1	5	4	»Gut«
8	100	97	(−) 3	5,1	5	$4^2/_5$	
9	(102	80			3	4)	»Sehr unsich.: ungenüg.
10	100	85	(−) 15	6,9	3	$4^2/_5$	[Aufmerksamkeit«
11	100	81	(−) 19	10,9	7	$5^3/_5$	
12	100	88	(−) 12	3,9	5	$4^2/_5$	
			81	59			

$F(m) = 8{,}1$; $V(m) = 5{,}9$

Vp. A.: 8. Mai 1912. **O. F. 80** (Spiegel auf 7 gestellt).

Lfd. Nr.	N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.	Aussagen der Vp.
1	85	74	(−) 11	11,4	10	7	
2	86	86	0	22,4	$3^2/_5$	5	»Störung der Aufmerk-
3	87	143	(+) 56	33,6	$5^2/_5$	$6^3/_5$	[samkeit«
4	87	109	(+) 22	0,4	4	5	
5	87	99	(+) 12	10,4	$6^2/_5$	$4^4/_5$	
6	87	120	(+) 33	10,6	3	$6^4/_5$	
7	87	50	(−) 37	14,6	5	$2^2/_5$	
8	86	76	(−) 10	12,4	$5^2/_5$	5	
9	(90	66	—	—	3	5)	(wiederholt, weil N. zu
10	87	67	(−) 20	2,4	3	4	[groß war)
11	87	110	(+) 23	0,6	7	8	
			224	118,8			

$F(m) = 22{,}4$; $V(m) = 11{,}88$

Dieselbe Vp. darauffolgend mit **sch. F. 80.**

Lfd. Nr.	N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.
1	85	95	(+) 10	1,6	6	$7^2/_5$
2	87	84	(−) 3	8,6	8	10
3	86	90	(+) 4	7,6	10	7
4	87	96	(+) 9	2,6	6	8
5	86	72	(−) 14	2,4	5	6
6	87	100	(+) 13	1,4	21	$12^2/_5$
7	87	60	(−) 13	1,4	4	$3^2/_5$
8	85	69	(−) 16	4,4	$4^2/_5$	$5^2/_5$
9	86	75	(−) 11	0,6	$4^1/_5$	$6^2/_5$
10	87	64	(−) 23	11,4	$8^1/_5$	$17^2/_5$
			116	420		

$F(m) = 11{,}6$; $V(m) = 4{,}2$

Vp. Sch.: 11. Juni, **sch. F. 80.**

Lfd. Nr.	N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.
1	80	80	0	7,85	$4^3/_5$	$3^3/_5$
2	82	99	(+) 17	9,15	3	$3^2/_5$
3	80	70	(—) 10	2,15	2	4
4	82	74	(—) 8	0,15	$3^2/_5$	$3^1/_5$
5	79	91	(+) 12	4,15	$3^2/_5$	$4^1/_5$
6	82,5	71	(—) 11,5	3,65	$2^1/_5$	$2^3/_5$
7	80	76	(—) 4	3,85	7	$4^2/_5$
8	80	86	(+) 6	1,85	$5^1/_5$	$8^4/_5$
9	82	75	(—) 7	0,85	$2^4/_5$	$3^3/_5$
10	79	76	(—) 3	4,85	$2^2/_5$	$3^2/_5$
			78,5	38,50		

$F(m) = 7{,}85$; $V(m) = 3{,}85$

Dieselbe Vp., anschließend mit **O. F. 80.**

Lfd. Nr.	N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.
1	80	75	(—) 5	19,8	3	$2^3/_5$
2	79	65	(—) 14	10,8	$2^1/_5$	$3^2/_5$
3	80	82	(+) 2	22,8	$4^2/_5$	4
4	81	137	(+) 56	31,2	$3^1/_5$	$4^4/_5$
5	81	111	(+) 30	5,2	3	$4^1/_5$
6	82	104	(+) 22	2,8	$4^3/_5$	$3^4/_5$
7	82	77	(—) 5	19,8	$3^2/_5$	$3^2/_5$
8	80	121	(+) 41	16,2	$2^2/_5$	3
9	78	134	(+) 56	31,2	$3^2/_5$	$2^1/_5$
10	79	96	(+) 17	7,8	$4^2/_5$	$4^2/_5$
			248	167,6		

$F(m) = 24{,}8$; $V(m) = 16{,}76$

Bei einem Vergleich verschiedener, in derselben Stunde gewonnener Ergebnisse sind selbstverständlich sowohl Ermüdungs- als auch Bahnungs-Einflüsse mit in Betracht zu ziehen. Ermüdungs-Erscheinungen stellten sich gegen Schluß der Stunde oft ein. Mehrmals mußte die ganze letzte Reihe unvollendet und bei der weiteren Verrechnung unberücksichtigt bleiben, weil Vp. nicht mehr für sichere Züge garantieren konnte. Soweit Ermüdungs- und namentlich Bahnungs-Einflüsse aber untermerklich blieben, suchten wir sie durch Permutation der Reihenfolge möglichst auszugleichen.

In den nachfolgenden Tabellen sind zunächst die Mittelwerte $F(m)$ und $V(m)$, die wie in den vorstehenden Beispielen errechnet worden waren, für die sieben Vp., mit denen die betreffende Versuchsanordnung in größerem Maßstabe zur Anwendung gekommen war, in der Weise zusammengestellt, daß stets die in derselben Sitzung gewonnenen Ergebnisse in einer wagerechten Reihe stehen. Jede eingetragene Zahl ist das Mittel aus 10 Versuchen. Die am Fuße der Spalten verzeichneten Gesamt-Mittel beziehen sich also, wo in den Spalten keine Lücken sind, auf je 100 Versuche. Lücken bedeuten, daß in der betreffenden Sitzung mit dieser Feder entweder nicht oder nicht genügend, um eine verwertbare Reihe zu haben, gearbeitet worden war.

Da hier der Vergleich zwischen st. F. und m. F. hauptsächlich in Betracht kommt wegen des einfachen Spannungsverhältnisses (bei 80 cm 2 : 1) und der viel größeren Gleichheit aller anderen Versuchsbedingungen (Näheres bei dem Bericht über die Selbstbeobachtungen der Vp.), so wurde von vornherein darauf Bedacht genommen, daß jede Sitzung wenigstens für st. F. und m. F., womöglich auch noch für sch. F., und nur wenn genügend Zeit vorhanden und Vp. so disponiert war, daß nicht allzuviel Einübungszüge erforderlich waren, auch für O. F. ein Ergebnis aus 10 Versuchen lieferte. Dabei wurde trotzdem dafür gesorgt, daß auch sch. F. und O. F. mit gleicher Häufigkeit jede der vier Zeitlagen hatten.

Auf diese Weise gewannen wir bei den fünf Vp. A., Sn., Bf., R. und Sch., die im Januar begonnen hatten und bis Ende des Sommersemesters blieben, je 2 Serien von je 100 Versuchen mit st. F. und m. F. und mindestens je eine von 100 Versuchen mit sch. F.

Vp. Bst. konnte deshalb keine zweite Serie mehr liefern und auch an den Gewichtsversuchen nicht teilnehmen, weil sie Ende des Wintersemesters Straßburg verließ. Vp. St. (Professor Störring) hatte nur während der Oster- und dann wieder während der großen Sommerferien Zeit, als Vp. tätig zu sein. Vp. E. (Dr. Erismann) nahm nur

bisweilen teil, so daß er mit den Federn nur soviel Versuche jeder Art liefern konnte, als zur Gewinnung seiner Selbstbeobachtungen und Aussagen erforderlich waren. Vp. W., die in den ersten Federzugtabellen nicht verzeichnet ist, begann erst gegen Mitte des Sommersemesters, — nicht um die ja bereits genügend hohe Anzahl der Vp. in gleicher Weise um eine zu vermehren, sondern um die Wirkung einer anderen Aufgabestellung und Einübung zu erproben.

Es verbleiben also sieben Vp., deren Federzug-Ergebnisse ($F(m)$ und und $V(m)$) in der beschriebenen Weise errechnet[1]) und hier zusammengestellt werden konnten.

Vp. Bf.

	Starke Feder		Mittlere Feder		Schwache Feder		Ohne Feder	
	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$
	5	2	7,13	2,22	24,—	14,83	21,—	13,41
	7,53	3,80	8,50	4,14	8,67	4,89	24,—	8,—
	3,67	2,89	12,33	1,55	31,—	4,67	27,—	15,33
	5,66	0,89	6,90	3,33	24,67	8,89	15,—	6,67
	5,33	4,44	9,—	7,11	11,—	5,33	12,—	7,24
	1,75	1,67	2,6	6,12	12,10	6,10	18,30	5,05
	3,—	2,—	8,67	3,44	14,70	8,91	25,40	13,75
	4,28	2,41	8,—	3,33	23,50	11,14	14,50	16,30
	3,50	2,33	4,—	5,67	9,40	15,80	8,20	4,5
	5,—	0,85	7,67	6,18	11,80	4,23	19,70	7,41
Mittel (a)	4,472	2,388	7,48	4,309	17,084	8,456	18,51	9,766
	5,83	3,72	9,20	8,30	—	—	—	—
	6,10	3,52	9,90	5,30	—	—	—	—
	4,70	2,90	6,60	5,32	—	—	—	—
	8,30	6,24	15,80	9,—	—	—	—	—
	7,50	2,13	9,20	5,83	—	—	—	—
	1,20	0,75	3,70	4,23	—	—	—	—
	11,40	5,38	10,90	8,36	—	—	—	—
	7,63	8,25	8,75	14,25	—	—	—	—
	2,90	6,24	6,38	7,2	—	—	—	—
	3,70	1,18	4,10	2,75	—	—	—	—
Mittel (b)	5,906	4,031	8,453	7,054	—	—	—	—

1) $F(m)$ ist also $= \frac{F_1 + F_2 + F_3 \ldots + Fn}{n}$

$$V(m) = \frac{(F(m) - F_1) + (F(m) - F_2) \ldots + (F(m) - Fn)}{n}$$

Vp. Sn.

	Starke Feder		Mittlere Feder		Schwache Feder		Ohne Feder	
	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$
	2,66	3,59	4,—	0,67	16,67	13,44	—	—
	7,—	2,67	2,9	6,21	20,71	12,53	—	—
	4,—	1,33	6,9	9,33	29,—	1,67	20,—	6,67
	5,10	4,55	8,33	2,44	11,67	14,22	35,—	18,—
	7,20	2,67	15,—	5,—	24,—	8,67	46,67	27,55
	4,53	1,75	10,33	5,75	18,60	11,53	—	—
	2,56	2,89	4,33	2,22	6,80	3,50	—	—
	3,50	9,50	4,33	3,78	—	—	—	—
	5,33	2,—	7,—	4,61	—	—	—	—
	3,20	1,75	5,—	4,—	—	—	—	—
Mittel (a)	4,468	3,250	6,812	4,401	18,2	9,36	33,89	18,07
	3,67	3,83	6,33	7,—	18,5	5,33	14,90	13,25
	0,83	1,27	5,67	4,33	8,78	6,—	14,67	11,33
	2,80	2,56	4,50	4,—	5,—	4,8	6,30	3,30
	3,40	1,64	3,90	4,20	8,75	11,23	17,50	11,45
	2,70	1,05	3,50	2,50	7,10	3,15	9,80	10,33
	3,10	2,83	3,80	3,60	6,90	4,35	21,40	7,36
	1,90	1,21	2,40	1,04	12,80	5,75	27,30	8,15
	0,70	0,70	3,30	3,02	4,50	4,—	6,40	2,50
	4,50	0,14	4,80	1,70	8,60	3,48	16,40	5,13
	3,30	3,55	4,90	2,60	9,20	7,21	12,50	7,28
Mittel (b)	2,49	1,878	4,31	3,399	9,013	5,530	15,117	8,008

Vp. R.

	Starke Feder		Mittlere Feder		Schwache Feder		Ohne Feder	
	F (m)	*V (m)*	*F (m)*	*V (m)*	*F (m)*	*V (m)*	*F (m)*	*V (m)*
	10,30	4,33	18,—	0,66	—	—	—	—
	7,50	5,17	9,67	5,78	—	—	—	—
	4,10	4,67	5,—	6,67	—	—	—	—
	12,—	2,10	16,—	1,33	—	—	—	—
	0,66	0,88	2,—	3,33	—	—	—	—
	10,2	1,33	11,67	5,55	—	—	—	—
	9,50	2,67	12,—	7,—	—	—	—	—
	3,67	2,22	4,—	5,33	16,67	10,44	24,67	8,67
	9,66	6,44	11,—	5,—	31,—	10,—	50,—	13,33
	11,50	4,50	13,—	8,—	—	—	—	—
Mittel (a)	7,909	3,451	10,234	4,865	—	—	—	—
	3,17	2,17	4,67	2,87	21,33	5,—	32,83	17,50
	5,—	3,—	8,50	7,20	15,50	18,67	27,5	15,83
	5,40	2,56	10,30	7,30	23,10	5,18	16,—	4,20
	4,—	4,20	7,30	5,20	—	—	—	—
	5,40	2,56	10,10	7,30	—	—	—	—
	9,90	5,32	13,—	6,67	—	—	—	—
	3,20	1,11	4,10	1,33	—	—	—	—
	7,80	4,71	9,—	5,22	—	—	—	—
	7,75	3,78	8,30	4,29	—	—	—	—
	2,87	3,41	3,50	6,28	—	—	—	—
Mittel (b)	5,449	3,282	7,877	5,366	21,52	8,26	30,20	11,90

Vp. Sch.

	Starke Feder		Mittlere Feder		Schwache Feder		Ohne Feder	
	F (m)	*V (m)*	*F (m)*	*V (m)*	*F (m)*	*V (m)*	*F (m)*	*V (m)*
	5,33	1,77	10,—	2,67	6,67	11,78	—	—
	10,—	4,—	15,—	10,—	16,—	13,—	—	—
	3,67	2,78	4,67	5,—	12,33	10,67	—	—
	2,60	2,88	3,—	4,—	10,60	6,31	—	—
	7,67	5,67	9,67	4,83	18,50	7,—	—	—
	2,—	0,67	3,10	2,66	9,16	4,89	—	—
	3,10	1,15	5,40	0,28	—	—	—	—
	4,25	0,81	5,20	6,14	—	—	—	—
	2,90	1,70	3,50	4,93	—	—	—	—
	2,30	2,90	4,10	4,30	—	—	—	—
Mittel (a)	4,382	2,433	6,364	4,461	12,21	25,51	—	—
	2,67	2,67	4,—	4,33	6,83	4,83	25,—	5,—
	3,67	2,—	4,83	3,17	16,67	8,55	16,17	11,83
	3,17	2,33	6,—	3,69	11,75	6,44	20,58	8,42
	5,24	2,26	7,58	4,20	13,78	6,—	25,33	10,52
	2,30	1,80	6,67	6,11	9,40	5,76	13,77	5,97
	3,56	2,03	4,10	4,08	8,80	5,65	25,30	13,10
	4,30	1,90	6,90	4,70	7,85	3,85	24,80	16,76
	2,30	3,70	2,90	4,61	8,60	14,48	33,20	16,60
	3,40	1,36	4,50	3,18	10,50	5,40	13,10	6,74
	4,20	1,76	5,80	2,30	6,32	4,79	—	—
Mittel (b)	3,481	2,181	5,328	4,007	10,050	15,575	22,87	10,56

Vp. A.

	Starke Feder		Mittlere Feder		Schwache Feder		Ohne Feder	
	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$
	6	3,33	8,—	2,67	—	—	—	—
	4,67	4,22	9,33	3,11	—	—	—	—
	1,07	2,22	7,33	10,44	—	—	—	—
	4,33	6,22	5,—	8,—	8,19	10,11	21,44	13,19
	5,—	6,—	8,10	10,—	10,38	6,—	37,15	9,15
	7,—	4,—	7,80	18,25	8,28	8,22	—	—
	3,—	6,—	5,20	8,40	28,67	15,11	19,27	14,18
	7,—	4,30	12,—	8,50	7,—	4,61	16,—	9,67
	2,90	4,90	3,50	15,75	24,—	12,—	—	—
	5,70	3,51	6,67	4,22	7,33	5,11	18,—	15,33
Mittel (a)	4,667	4,470	6,293	8,034	—	—	—	—
	3,78	2,02	9,11	4,04	18,—	9,67	25,—	19,33
	4,17	1,50	5,83	3,17	7,85	7,72	10,84	9,10
	4,69	2,52	8,98	4,13	11,60	4,20	22,44	11,88
	5,50	3,20	12,—	6,40	13,90	14,68	26,40	13,16
	5,33	2,55	9,—	6,10	12,—	3,85	22,40	11,88
	4,20	1,70	5,80	4,32	42,50	4,13	—	—
	6,55	8,40	7,50	12,13	—	—	—	—
	3,50	2,10	4,80	2,83	—	—	—	—
	2,75	3,50	5,30	5,45	—	—	—	—
	4,30	1,70	4,90	7,18	—	—	—	—
Mittel (b)	4,477	2,919	7,342	5,575	12,285	8,11	21,89	12,687

Vp. Bst.

	Starke Feder		Mittlere Feder		Schwache Feder		Ohne Feder	
	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$	$F(m)$	$V(m)$
	2,50	4,75	8,—	9,—	—	—	—	—
	9,33	6,22	10,—	6,40	—	—	—	—
	5,33	4,44	11,—	4,33	8,33	8,89	—	—
	3,—	3,33	10,—	10,67	12,—	17,33	—	—
	4,68	2,21	5,5	4,67	7,33	8,22	—	—
	3,33	2,44	4,33	0,44	—	—	—	—
	2,83	2,55	6,67	2,44	7,—	3,33	18,—	15,33
	8,10	7,25	13,—	5,—	15,33	12,22	27,—	14,—
	9,20	3,21	10,—	7,67	—	—	—	—
	5,17	4,38	7,27	3,52	—	—	—	—
Mittel (a)	5,447	4,078	8,577	5,414	10,—	9,98	22,5	14,66

Vp. St.

	—	—	6,70	3,84	32,20	15,60	—	—
	4,50	2,90	6,30	4,50	19,60	6,40	—	—
	6,40	3,32	—	—	—	—	—	—
	3,60	3,52	8,80	5,80	—	—	—	—
	5,60	2,20	7,60	2,24	—	—	—	—
	2,70	1,96	4,40	3,10	—	—	—	—
	4,30	1,70	8,10	5,90	—	—	—	—
	4,30	2,04	8,10	6,72	—	—	—	—
	3,89	3,63	—	—	—	—	—	—
	3,10	2,32	8,10	4,50	—	—	—	—
	—	—	5,—	3,—	—	—	—	—
	5,20	3,88	8,10	3,28	—	—	—	—
Mittel (b)	4,359	2,777	7,12	4,288	25,9	10,78	—	—

Die folgende Tabelle bringt die **Zusammenstellung der vorstehenden Gesamtmittel,** die also gewonnen wurden bei gleicher Exkursionsweite ($1^1/_3$ mm am Finger, 80 cm in der Skala), aber verschiedener Endspannung. (In den Spalten unter Vh. ist in Bruchform das Verhältnis der in Gramm umgerechneten $MF(m)$ und $MV(m)$ zu der Endspannung angegeben.) $MF(m)$ = Mittel der $F(m)$ aus den vorstehenden Tabellen, $MV(m)$ = Mittel der vorstehenden $V(m)$.

Vp.	st. F. mit 2828 g Endspannung				m. F. mit 1472 g Endspannung				sch. F. mit 180 g Endspannung				ohne Feder	
	MF(m) in cm	Vh. in g	*MV(m)* in cm	Vh. in g	*MF(m)* in cm	Vh. in g	*MV(m)* in cm	Vh. in g	*MF(m)* in cm	Vh. in g	*MV(m)* in cm	Vh. in g	*MF(m)* in cm	*MV(m)* in cm
Bf. a)	4,472	1/30	2,328	1/58	7,480	1/22	4,309	1/40	17,084	1/19	8,456	1/37	18,51	9,766
b)	5,906	1/23	4,031	1/33	8,453	1/20	7,054	1/25	—	—	—	—	—	—
R. a)	7,709	1/17	3,451	1/38	10,234	1/15	4,865	1/35						
b)	5,449	1/25	3,282	1/42	7,877	1/21	5,366	1/32	21,52	1/14	8,26	1/38	30,20	11,90
Sch. a)	4,382	1/31	2,433	1/58	6,364	1/27	4,461	1/38	12,21	1/25	25,50	1/12	—	—
b)	3,481	1/38	2,181	1/62	5,382	1/32	4,007	1/42	10,05	1/30	15,557	1/20	22,87	10,56
Sn. a)	4,468	1/30	3,250	1/43	6,812	1/26	4,401	1/38	18,2	1/17	9,36	1/33	33,89	18,07
b)	2,490	1/55	1,878	1/73	4,310	1/39	3,399	1/49	9,013	1/34	5,53	1/59	15,117	8,008
A. a)	4,667	1/29	4,470	1/30	6,293	1/28	8,034	1/21						
b)	4,477	1/30	2,219	1/61	7,342	1/23	5,575	1/31	12,285	1/25	8,11	1/38	21,89	12,687
Bst.	5,447	1/25	4,078	1/33	8,577	1/19	4,414	1/32	10,—	1/31	9,98	1/31	22,5	14,66
St.	4,359	1/31	2,777	1/48	7,120	1/25	4,288	1/39	25,9	1/12	10,78	1/29	—	—
Schluß-Ges.-Mittel a + b	4,792	1/28,4	3,031	1/44,9	7,182	1/24,7	5,098	1/34,2	14,37 [1]	1/21,5	10,81 [1]	1/28,5	21,60 [1]	11,08 [1]
Schluß-Ges.-Mittel b	4,361	1/31,2	2,718	1/50,1	6,463	1/27	5,08	1/34,8	—	—	—	—	—	—

1) Bei der Berechnung dieser Werte für sch. F. und O. F. wurde berücksichtigt, daß die obenstehenden Mittel sich nicht auf die gleiche Anzahl Versuche beziehen; auf welche Anzahl, das ist aus den vorstehenden Tabellen ersichtlich.

Es zeigt sich an diesen Ergebnissen, daß die absoluten Fehler bei der stärksten Feder am kleinsten sind und dann immer größer werden bei abnehmender Federspannung. Da die Exkursionen und somit die Bewegungs- und Lageempfindungen bei allen Normalzügen die gleichen waren, weist dieser Tatbestand auf ein Kriterium hin, das von Bewegungs- und Lageempfindungen nicht oder nicht wesentlich beeinflußt wird, sondern von der Federspannung abhängt.

Vergleicht man dementsprechend die Gesamtmittelwerte nach ihrem Verhältnis zu den jeweiligen Endspannungen (Vh. in g), so ergibt sich in den meisten Fällen eine sehr große Annäherung, besonders zwischen den Werten für die rohen mittleren Fehler ($F\,m$), weniger häufig und weniger eng zwischen den mittleren Variationen ($V\,m$).

Da unsere Versuche nicht den Zweck verfolgten, die genaue Unterschiedsempfindlichkeit zu ermitteln — hierzu hätten wohl weder die Methode noch die Anzahl der Versuche ausgereicht —, so konnte eine größere Annäherung auch bei bestem Gelingen der Versuche nicht erwartet werden.

$F(m)$ zeigt eigentlich nur eine auffallende Ausnahme bei der Vp. Sn. Daß der Wert für st. F. günstiger ist als für die beiden anderen Federn, teilt diese Vp. im Prinzip mit allen anderen außer Bst. Dieses grundsätzliche Verhalten soll später erklärt werden. Daß jedoch Herr Sn. ein erheblich noch günstigeres Ergebnis hatte bei st. F., läßt sich wohl auf seine großen, sehr kräftigen Finger zurückführen, während man zur Erklärung von Frl. Bsts. entgegengesetztem Verhalten wohl an ihre sehr zarten, für die starke Feder etwas zu schwachen Finger denken muß.

Im Schluß-Gesamtmittel verhalten sich die $F(m)$ nach dem Streckenverhältnis wie 17 : 11 : 5,6 : 3,7; die $V(m)$ nach dem Streckenverhältnis wie 26 : 15,7 : 7,4 : 7,2; $F(m)$ a + b nach dem Spannungsverhältnis aber wie **28,4 : 24,7 : 21,5**; und $V(m)$ wie 44,9 : 34,2 : 28,5.

Es zeigt also auch das Gesamtmittel sehr annähernd Konstanz der $F(m)$, auf die Endspannung bezogen, woraus wohl geschlossen werden darf, daß die von der Endspannung bedingten Kraft-Empfindungen[1]) das entscheidende Kriterium bilden.

---

1) Damit soll keineswegs die Frage angeschnitten werden, ob man diese Empf. in strenger Terminologie »Kraft-Empf.« wird nennen müssen.

Daß die Schätzung bei der mittleren Feder durchgehend etwas gröber ist als bei der starken, erklärt sich leicht aus dem langsameren Spannungsanstieg der m. F. Hier war es den Vp. (nach ihren übereinstimmenden Aussagen) nicht so leicht möglich, die Endspannung von dem vorhergehenden Stadium abzutrennen, als bei der st. F., denn bei m. F. entsprach einer Verschiebung von 1 cm in der Skala (etwa $^1/_{60}$ mm am Finger) nur ein Spannungszuwachs von 8,33 g, bei st. F. aber von 20,75 g. Infolgedessen waren bei m. F. die Fälle mit unsicherer Schätzung sehr viel zahlreicher — und die Fehler verhältnismäßig größer. Noch häufiger fehlte begreiflicherweise bei sch. F. ein klares Bild der aufgewandten Endspannung. (Näheres hierüber beim Bericht über die Selbstbeobachtungen der Vp.) Außerdem konnte bei sch. F. infolge der sehr viel weniger zahlreichen »Züge« auch nicht derselbe Übungsgrad erreicht sein wie bei st. F. und m. F. Unter diesen Umständen konnte eine noch engere Konstanz nicht erwartet werden.

Über die Beziehung der gefundenen Werte zur Unterschiedsempfindlichkeit kann auf Grund der bisherigen Verrechnungen nichts ausgesagt werden. Sicher ist zunächst, daß unser F(m) sich zusammensetzt aus dem Beobachtungs- und dem Herstellungsfehler[1]) — und daß bei dieser Methode eine Teilung der Aufmerksamkeit unerläßlich ist. Da jede teilweise Ablenkung oder Spaltung der Aufmerksamkeit während der Ausführung der Versuche die Schwelle vergröbert, wie vor kurzem Erismann (49) gezeigt hat, so muß das namentlich auch bei unseren Versuchen angenommen werden. Die Herstellung beider Züge war schon recht schwierig wegen des geforderten langsamen, gleichmäßigen Ziehens auf bloß $1^1/_3$ mm. Es konnte also schon während des Normalzugs nur ein Teil der Aufmerksamkeit sich auf die Spannungsverhältnisse konzentrieren, und diesem Teil oblag die schwierige Aufgabe, von fast unmerklich ineinander übergehenden Phasen die letzte abzutrennen und festzuhalten, — dauernd festzuhalten neben der Beobachtung der ähnlich anwachsenden Spannungsverhältnisse des Vergleichszugs.

Außerdem war bei unseren Versuchen die Selbstbeobachtung nicht, wie es bei Schwellenbestimmungen der Fall sein müßte, ausgeschlossen,

---

1) Wie ungeeignet die von Fullerton and Cattell versuchte Zerlegung des mittleren Fehlers ist, zeigt sich daraus, daß unsere Vp. oft einen gelungenen Zug als »schlecht« beanstandeten und einen schlechten ausdrücklich »gut« nannten.

sondern als unerläßlich sogar gefordert. Zwar durfte die Aufmerksamkeit nicht in erster Linie auf die Selbstbeobachtungen gerichtet werden. Aber da unsere Hauptaufgabe die war, die Anhaltspunkte für das Urteil festzustellen, so mußte die Anweisung, wie bereits erwähnt, ganz allgemein lauten: »zwei gleiche Züge!« Die Vp. war damit genötigt, ihre Aufmerksamkeit zwischen den verschiedenen Kriterien, die sich ihr darboten, hin- und herspielen zu lassen, selbst dann, wenn eine analysierende Beschreibung dieser psychischen Erlebnisse nicht ausdrücklich gefordert war. Der Auftrag, über deutliche Selbstbeobachtungen, die sich ungezwungen aufdrängten, Aussagen zu machen, war angesichts unseres Hauptzwecks unerläßlich, und dieser Auftrag genügte, um nicht nur anfangs, sondern dauernd einen Teil der Aufmerksamkeit abzuspalten zur Beobachtung der Kriterien.

Wiederum ist es verständlich, daß, je schwächer die Feder wurde, je undeutlicher sich also die Endspannung abhob, um so mehr die Aufmerksamkeit durch Suchen nach anderen Merkmalen in Anspruch genommen wurde. Hieraus allein würde sich eine merkliche Vergröberung der Fehler schon bei m. F., mehr aber noch bei sch. F. und O. F. erklären lassen. Insgesamt also mußte diese Einstellung gröbere Ergebnisse bedingen, als sich bei Verminderung dieser Fehlerquellen ergeben hätten.

Um so auffallender muß es unter diesen Umständen erscheinen, daß selbst der grobe mittlere Fehler $^1/_{31}$ bzw. $^1/_{28}$ (st. F.) oder $^1/_{24}$ bzw. $^1/_{27}$ (m. F.) betrug, also an sich schon bedeutend feiner war als die Unterschiedsschwelle, die frühere Autoren für die Vergleichung von Gewichtsempfindungen festgestellt hatten. Doch kann hieraus kein Schluß gezogen werden auf die Beziehung des $F(m)$ zu der Schwelle, da die Methoden hierin nicht vergleichbar sind. Ob eine andere Methode einen besseren Vergleichsmaßstab liefert, soll weiter unten erörtert werden.

II.

Die zweite Haupt-Versuchsanordnung sollte dieses Ergebnis durch Umkehrung der Fragestellung nachprüfen. Während vorhin bei gleicher Exkursionsweite die Endspannung sich geändert hatte, blieb jetzt die Endspannung dieselbe bei wechselnden Exkursionsweiten. Leider konnten hier nur zwei Federn benutzt werden, da sich die dritte, die schwache, nicht so einspannen ließ, daß sie in irgendeinem Stadium der nächst stärkeren Feder gleichgekommen

wäre. Es blieben also st. F. und m. F. übrig, und nach Ausweis der weiter oben verzeichneten Skalentabelle hatte st. F. bei kleiner Exkursion annähernd dieselbe Spannung wie m. F. bei rund 4 mal so großer: st. F. auf 30 cm ausgezogen = 1791 g Endspannung, m. F. auf 120 cm ausgezogen = 1805 g Endspannung. Die diesen Skalenpunkten entsprechenden wirklichen Exkursionen des bewegenden Fingers waren für st. F. 30 cm = $^1/_2$ mm, für m. F. 120 cm = 2 mm.

Mit dieser Versuchsanordnung bei der gleichen Anzahl Vp. auch die gleiche Anzahl Versuche zu erzielen, war nicht möglich, da nicht mehr alle Vp. so lange zur Verfügung standen. Es erschien uns aber auch nicht nötig, da es sich ja hier noch viel weniger um die Aufstellung von Schwellen als um Abhängigkeitsbeziehungen handelte, die bereits aufgezeigt waren und bloß nachgeprüft werden sollten. Wir konnten mit 3 Vp. die gleiche Versuchszahl (je 100) gewinnen; mit 4 weiteren Vp., darunter einer neuen, mußten wir uns mit weniger Versuchsreihen begnügen.

Selbstverständlich begannen die Sitzungen abwechselnd mit st. F. und m. F.

Den zusammenfassenden Tabellen mögen auch hier wieder einige Beispiele von einzelnen Protokollen vorangehen, die besonders auch wegen des etwaigen Einflusses der verschiedenen Exkursionsweite auf die Zeitverhältnisse beachtlich sind.

Vp. Sn. 1. August 1912, **st. F. 30** (auf 13 eingestellt, also 43 = 30).

N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.
43	45	(+) 2	1,3	4	6
43	41	(—) 2	1,3	7	$7^1/_5$
43	40	(—) 3	0,3	8	7
42	47	(+) 5	1,7	$8^2/_5$	$6^1/_5$
43	43	0	3,3	$5^2/_5$	7
41	35	(—) 6	2,7	6	$10^1/_5$
43	43	0	3,3	4	$6^3/_5$
43	52	(+) 9	5,7	3	6
43	40	(—) 3	0,3	$4^2/_5$	6
42	45	(+) 3	0,3	5	7

$F(m) = 3{,}3$; $V(m) = 2{,}02$

m. F. 120 (auf 11 eingestellt, also 131 = 120).

N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.
131	122	(—) 9	1,6	$8^2/_5$	$13^1/_5$
131	135	(+) 4	3,4	13	$11^1/_5$
131	148	(+) 17	9,6	9	13
131	122	(—) 9	1,6	11	9
131	135	(+) 4	3,4	10	12
131	145	(+) 14	6,6	10	$11^2/_5$
131	138	(+) 7	0,4	12	9
130	130	0	7,4	$4^1/_5$	$7^3/_5$
132	128	(—) 4	3,4	5	$6^2/_5$
131	137	(+) 6	1,6	6	$6^4/_5$

$F(m) = 7{,}4$; $V(m) = 3{,}9$

Vp. St.: 14. August 1912, **st. F. 30** (auf 18 eingestellt).

N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.	Aussagen d. Vp.
48	47	(—) 1	2,1	$5^2/_5$	$3^2/_5$	
48	46	(—) 2	1,1	$5^1/_5$	$4^4/_5$	
(47	52)			?	?	»Zu groß«
48	50	(+) 2	1,1	5	4	
48	50	(+) 2	1,1	$3^2/_5$	$3^3/_5$	
47	47	0	3,1	$4^1/_5$	4	
(52	61)			$5^2/_5$	$4^2/_5$	»Sehr unsicher«
48	59	(+) 11	7,9	4	$4^3/_5$	
48	53	(+) 5	1,9	3	4	
48	47	(—) 1	2,1	3	4	
48	48	0	3,1	5	$4^4/_5$	
48	55	(+) 7	3,9	5	$3^2/_5$	

$F(m) = 3{,}1$; $V(m) = 2{,}74$

m. F. 120 (auf 16 eingestellt).

N.	V.	F.	Var.	Zeit für N.	Zeit für V.	Aussagen d. Vp.
136	135	(—) 1	6,2	9	12	
(136	++150)					k. Eindr. v. »N.«
136	132	(—) 4	2,2	9	6	
137	146	(+) 9	1,8	8	6	
136	152	(+) 16	8,8	6	7	»gut, vielleicht
136,5	133,5	(—) 3	4,2	6	6	»gut« [etw. gr.«
136	142	(+) 6	1,2	5	$4^2/_5$	»zufrieden«
136	144	(+) 8	0,8	$4^2/_5$	5	
135	142	(+) 7	0,2	7	$4^2/_5$	
136	140	(+) 4	3,2	4	5	
136	122	(—) 14	6,8	7	$4^4/_5$	

$F(m) = 7{,}2$; $V(m) = 3{,}54$

Zusammenstellung der Gesamtmittel aus den Versuchen mit annähernd gleicher Endspannung und vierfacher Exkursionsweite (st. F. 30 = $^1/_2$ mm, m. F. 120 = 2 mm).

st. F. 30 = 1791 g **m. F. 120 = 1805 g**

Vp.	*MF (m)* in cm	*MF (m)* in g	*MV (m)* in cm	*MV (m)* in g	*MF (m)* in cm	*MF (m)* in g	*MV (m)* in cm	*MV (m)* in g
Sch. (100)	2,924	60,59	1,904	39,425	6,592	54,911	1,904	15,860
R. (100)	4,052	84,079	2,426	50,422	10,17	84,716	4,813	40,067
A. (100)	3,866	80,219	1,491	51,667	9,575	79,759	4,466	37,202
Bf. (50)	3,17	65,777	1,92	39,84	9,97	83,07	2,63	21,907
W. (50)	2,37	49,177	1,81	37,557	5,83	48,563	2,56	17,159
Sn. (30)	3,18	65,985	3,42	71,775	6,67	55,56	4,9	40,817
St. (20)	3,1	64,325	2,74	56,855	7,2	59,976	3,54	29,468
Ges.-M.[1] (450)	3,37	70,031	2,06	42,745	8,35	69,588	3,58	29,238
Relativ	$^1/_9$	$^1/_{25,5}$	$^1/_{14,4}$	$^1/_{41,9}$	$^1/_{14}$	$^1/_{25,9}$	$^1/_{34}$	$^1/_{61,7}$

Trotz der verhältnismäßig geringen Anzahl der Versuche ist die Annäherung der mittleren Fehler eine auffallend große. Nur bei einer Vp. ist der Abstand erheblich (65,777 : 83,07), und die war, wie sich bereits unter I. gezeigt hatte, sehr durch äußere Störungen, Temperatureinflüsse und Stimmungen beeinflußbar. Im Schluß-Gesamtmittel besteht nahezu Gleichheit (70,031 : 69,588), oder nach dem Verhältnis zur Endspannung beiderseits $^1/_{25}$. Das Streckenverhältnis dagegen ist im mittleren Fehler $^1/_9$: $^1/_{14}$, in der mittl. Va. $^1/_{14}$: $^1/_{34}$. Auch im Spannungsverhältnis ist die mittl. Va. hier mehr verschieden — 42,745 : 29,238 oder $^1/_{41,9}$: $^1/_{61,7}$ —, so daß sich also auch hier nur der mittlere Fehler als konstanter Wert erweist. Daß der mittlere Fehler der st. F. hier fast gleich ist dem der m. F. und nicht wieder feiner (wie bei der I. Versuchsanordnung), erklärt sich wohl daraus, daß die so winzig kleine Strecke von $^1/_2$ mm außerordentlich schwer herzustellen war, so daß die Vorteile, die st. F. der Beobachtung bietet, anscheinend ausgeglichen werden durch die Schwierigkeit der zu kleinen Exkursion. Die erheblich größere Exkursion der m. F. (2 mm gegen früher $1^1/_3$) hatte offenbar keinen Einfluß, da der mittlere Fehler hier $^1/_{25,9}$, dort $^1/_{25,5}$ der Endspannung betrug. Bei irgendwelcher Beteiligung von Bewegungs-E. hätte

1) Bei der Berechnung dieser Gesamtmittel wurde wieder berücksichtigt, daß die Anzahl der Versuche, die hinter jeder Vp. angegeben ist, verschieden war.

sich bei dieser II. Versuchsanordnung die vierfache Exkursion entschieden geltend machen müssen. Das durch die erste Versuchsanordnung gewonnene Ergebnis, daß das entscheidende Kriterium die von der Stärke der Spannung (Endspannung der Federn) bedingte Kraftempfindung ist, erscheint also in vollem Umfang bestätigt.

Einfluß der Zeit- und Geschwindigkeitsverhältnisse bei den Federversuchen.

Welche Rolle die Zeit dabei spielt, wurde in den bisherigen Ausführungen nicht berührt und in den zusammenfassenden Tabellen nicht berücksichtigt, weil jedes Bemühen, eine gesetzmäßige Abhängigkeit der Ergebnisse von Zeitverhältnissen festzustellen, mißlungen war, und ja auch durch den positiven, unzweideutig auf die Endspannung hinweisenden Tatbestand von vornherein das gesuchte Abhängigkeitsverhältnis gegeben erscheint.

Wer übrigens die abgedruckten Protokolle überblickt, der wird relativ große Schwankungen in den Zeiten wahrnehmen, viel größer als bei den Strecken, und zwar ist die größere Zeit bald mit einer kleineren, bald mit einer größeren Vergleichsstrecke verbunden. Da aber die Bewegungen in der Regel fast ganz gleichmäßig verliefen[1]) (anderenfalls hätte B. nicht ablesen können), so sind die verzeichneten Zeiten ziemlich zuverlässige Maße auch für die Geschwindigkeit des Bewegungsverlaufs, für die deshalb dieselbe negative Feststellung gelten muß. Durch beispielsweise Heranziehung des Kymographions, das dann die ganzen Kurven lieferte, wurde übrigens diese Feststellung ausdrücklich bestätigt.

Bei verschiedenen Vp. zeigte sich eine auffallende Tendenz, V. entweder in der Regel rascher, oder langsamer zu durchlaufen als die vorhergegangene N., ohne daß dieser Tendenz eine gleich- oder entgegengerichtete in den Strecken zur Seite stände.

So sind bei Vp. A. die langsamer, oft um ein Vielfaches langsamer gezogenen V. fast die Regel, bei Vp. R. dagegen die rascher gezogenen, ebenso bei den Vp. Bf. und W. Bei Vp. Sn. wechselte die Tendenz von Stunde zu Stunde, doch mit starkem Überwiegen der langsamen V.

Da diese Tendenzen zur Änderung der Geschwindigkeit nicht mit entsprechenden (sei es gleich, sei es entgegen-

1) Beispiele von Ausnahmen sind abgedruckt und mit entsprechenden Bemerkungen versehen worden.

gesetzt gerichteten) Fehlertendenzen zusammenfallen, läßt sich dieser Tatbestand nicht vereinbaren mit der Annahme einer wesentlichen Beteiligung des Zeitmomentes, — weder unmittelbar noch mittelbar (etwa in Anstrengungswerten, wie Treves annimmt).

Um die aus den abgedruckten vollständigen Protokollen ersichtlichen Zeitverhältnisse durch weitere Beispiele zu belegen, mögen zunächst noch einige hier Platz finden.

Vp. A. 13. Juli.

st. F. 30			m. F. 120			m. F. 120		
Zeit (in Sek.) V.	Zeit (in Sek.) N.	Fehler (in cm)	Zeit (in Sek.) V.	Zeit (in Sek.) N.	Fehler (in cm)	Zeit (in Sek.) V.	Zeit (in Sek.) N.	Fehler (in cm)
$5^2/_5$	$3^3/_5$	0	4	8	−14	5	$9^1/_5$	+ 9
$5^1/_5$	$5^1/_5$	+2,5	$12^2/_5$	8	+12	$3^1/_5$	$7^2/_5$	+ 9
2	$4^1/_5$	0	$7^2/_5$	$8^3/_5$	0	3	6	+ 6
$4^3/_5$	$4^3/_5$	0	4	$10^3/_5$	+ 2	7	$7^2/_5$	+10
$2^4/_5$	4	+1	$6^4/_5$	$8^2/_5$	0	$1^2/_5$	6	−12
$2^2/_5$	$4^4/_5$	−3	$8^2/_5$	$9^2/_5$	0	10	17	+ 5
$5^2/_5$	$5^2/_5$	+5	6	$7^1/_5$	− 9	$7^3/_5$	$7^3/_5$	− 1
$6^3/_5$	$5^3/_5$	0	4	7	+ 2	7	$6^3/_5$	+ 9
$5^2/_5$	$7^1/_5$	0	5	$7^2/_5$	+ 1	5	$6^2/_5$	− 2
$2^1/_5$	$5^2/_5$	−2	$7^2/_5$	$10^2/_5$	− 1	8	$15^4/_5$	+10

Vp. Sn. 7. Juni. 10. Juni.

sch. F. 80			O. F. 80			m. F. 80		
Zeit (in Sek.) N.	Zeit (in Sek.) V.	Fehler (in cm)	Zeit (in Sek.) N.	Zeit (in Sek.) V.	Fehler (in cm)	Zeit (in Sek.) N.	Zeit (in Sek.) V.	Fehler (in cm)
5	8	+ 5	3	6	−15	9	11	− 8
7	11	− 9	$8^2/_5$	$8^4/_5$	+ 2	6	$8^2/_5$	+ 2
13	14	−23	5	$10^3/_5$	+ 9	7	$7^1/_5$	+11
28	18	+12	9	$7^2/_5$	− 2	2	$9^1/_5$	0
$8^3/_5$	16	− 5	11	$12^1/_5$	− 7	$6^1/_5$	$8^2/_5$	− 9
18	13	−16	11	11	− 9	13	$6^4/_5$	− 0
$20^2/_5$	11	−22	10	11	−10	$9^2/_5$	$9^2/_5$	− 1
3	17	−18	7	$15^2/_5$	+14	10	$11^2/_5$	−10
17	$19^1/_5$	−15	17	$11^3/_5$	0	10	9	+ 4
$20^1/_5$	$10^2/_5$	−14	8	13	− 1	9	15	0
24	$23^2/_5$	−14	21	12	− 6	16	11	−10
8	$14^3/_5$	−12	24	$14^3/_5$	+ 8	—	—	—
18	$19^2/_5$	+59	$7^2/_5$	20	+ 6	—	—	—
5	$14^3/_5$	+ 1	—	—	—	—	—	—
22	$14^3/_5$	−21	—	—	—	—	—	—
$7^2/_5$	11	−14	—	—	—	—	—	—

NB. Die ungleiche Länge dieser Versuchsreihen erklärt sich daraus, daß eine verschiedene Anzahl von Probe- oder Einübungszügen erforderlich waren, die alle hier mit verzeichnet wurden. Man beachte besonders das Verhalten der Vp. Sn. den vier verschiedenen Federn gegenüber.

Vp. Sn. 10. Juni
st. F. 80.

Zeit N.	Zeit V.	Fehler
14	$8\frac{2}{5}$	0
$11\frac{2}{5}$	12	+1
14	8	0
14	$9\frac{4}{5}$	0
25	$8\frac{3}{5}$	0
12	$11\frac{2}{5}$	−1
13	7	−1
13	$12\frac{3}{5}$	+2
12	14	0
$14\frac{3}{5}$	$13\frac{3}{5}$	−2

$F(m)$ nur 0,7! 5mal glatt »gleich« gezogen und weitere 3mal nur 1 cm Irrung: das war das beste Ergebnis, das mir vorkam. Probe- oder Einübungszüge waren dieser Reihe nicht vorausgegangen. Vp. war offenbar sehr gut disponiert.

Vp. W. 2. Aug.
m. F. 80.

Zeit N.	Zeit V.	Fehler
5	4	− 5
10	7	+ 4
$1\frac{2}{5}$	$6\frac{2}{5}$	0*)
$4\frac{2}{5}$	5	+ 1*)
9	6	0
6	$2\frac{3}{5}$	+10
5	3	+ 4*)
4	5	0
10	7	0*)
3	5	+ 2
$2\frac{2}{5}$	4	0*)
4	6	+ 1*)
8	9	+ 4*)
6	$3\frac{4}{5}$	0
5	$2\frac{1}{5}$	0

Die mit *) versehenen Züge der Vp. W. waren ausnahmsweise nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit hergestellt worden, sondern

(wie in der an erster Stelle abgedruckten Versuchsreihe derselben Vp. mit st. F., die auch am 28. gewonnen worden war) in der Weise, daß Vp. zunächst den richtigen V. gemacht zu haben glaubte, dann aber am Ziel hin und her schwankte, oft weit zurückging, z. B. von 99 bis 55, und wieder hinauf, mehrere Male auf und ab, immer den Zug zu groß oder zu klein findend, bis er ihr endlich als gelungen erschien und sie innehielt, — wie die abgedruckten Beispiele beweisen — mit gutem Erfolg. Daß hierbei von einem Einfluß von Zeit oder Geschwindigkeit, ebenso aber auch von »Arbeit« oder »Anstrengung« keine Rede sein kann, erhellt wohl deutlich genug. Das einzige Kriterium, das nach solchem Hin- und Herziehen noch verbleiben konnte, mußte bedingt sein durch die an dem entsprechenden Punkte erreichte Endspannung.

Am 21./6. befand sich unter 17 Zügen wieder ein sehr abnormer, ebenfalls bei m. F. 80. Im Normalzug ging Vp. von 70 langsam zurück bis 30 und stieg dann wieder auf, bis bei 80 der Halteruf erscholl; das Ganze beanspruchte $10^2/_5$ Sekunden. Der darauffolgende Vergleichszug war gleichmäßig, ging bis 74 (also mittelmäßig gut geschätzt) und dauerte 6 Sekunden. Es versteht sich, daß diese beiden Züge in nichts vergleichbar waren als in der Endspannung. Selbstverständlich kann ein solcher einzelner Fall für sich nichts beweisen, aber unsere Auffassung bestätigten auch die spontan abgegebenen Aussagen der Vp. sowie die Antworten, die auf die Fragen erfolgten: An welches Merkmal pflegen Sie sich zu halten? oder: Wonach schätzen Sie?

Es könnte gegen die obigen Feststellungen bezüglich des Zeitmomentes vielleicht der Einwand erhoben werden, die Zeit spiele doch mehr mit, als es den Anschein habe, aber die Vp. seien nicht angewiesen worden, darauf zu achten, deshalb hätten sie dieses Moment so vernachlässigt. — Dem ist zunächst entgegenzuhalten, daß die erste Aufforderung ganz allgemein lautete: »2 gleiche Züge!« Es konnte sich also jede Vp. an das zuverlässigste Kriterium, oder an die Summe der brauchbaren halten. Erörterten dann die Vp. von sich aus die Möglichkeiten, nach denen das Urteil sich bilden könnte, so erwähnten sie die Zeit stets mit, und dann wurde ihnen immer freigestellt, »sich an die Zeit oder an die Geschwindigkeit zu halten«; aber alle erklärten übereinstimmend, daß sie das nicht tun dürften, wenn sie gute Züge herstellen wollten, ja daß das Zeitmoment in ihrem Bewußtsein gar keine Rolle spielte.

Auf anderem Wege versuchte ich der Frage näher zu kommen

dadurch, daß die Anweisung gegeben wurde: »Zeit gleich machen!« d. h. ohne Rücksicht auf Exkursion oder Spannung sich ausschließlich bemühen, 2 Züge von gleicher Zeitdauer herzustellen, die in diesem Falle in der Regel auch annähernd gleiche Geschwindigkeit haben mußten.

Wurde bei dieser Versuchsanordnung der »Fehler« geringer, so sprach das zugunsten des Zeit-Kriteriums. Wurden die Zeiten wirklich annähernd gleich, wesentlich näher als sonst, so bewies das wenigstens, daß unter den obwaltenden Umständen eine Zeitschätzung möglich, also auch eine Mitwirkung derselben beim Urteil möglich war. Einige so gewonnene Versuchsreihen mögen hier wiedergegeben werden.

Vp. R.: 17. Juni. **m. F. 80.**

a) Aufgabe: Zeit gleich!

Zeit			Fehler
N.	V.	Zt.-F.	
$3^4/_5$	$3^4/_5$	0	−15
9	$10^1/_5$	+1,2	+6
$7^2/_5$	11	+2,6	+13
$12^2/_5$	$11^1/_5$	−1,2	−6
$7^2/_5$	$5^4/_5$	−1,6	−8
$5^1/_5$	4	−0,8	−4
$5^1/_5$	$11^2/_5$	+6,2	+31
4	$3^2/_5$	−0,6	+3
$4^2/_5$	$5^2/_5$	+1,—	+5
$4^4/_5$	$5^3/_5$	+0,8	+4
N.-Zt.(m.) = 6,36		Zt.-F.(m.) = 1,6	$F(m)$ = 15,3

b) Aufgabe: 2 gleiche Züge!

Zeit			Fehler
N.	V.	Zt.-F.	
8	4	4	+1
$4^2/_5$	3	1,4	−20
6	—	1,—	−4
$4^4/_5$	3	1,8	+3
$3^4/_5$	$4^4/_5$	1,—	+10
$4^3/_5$	$3^3/_5$	1,—	0
$4^4/_5$	$3^2/_5$	1,4	−14
7	$4^1/_5$	2,8	−3
5	3	2,—	0
$5^2/_5$	4	1,4	−3
N.-Zt.(m.) = 6,6		Zt.-F.(m.) = 1,78	$F(m)$ = 5,8

Da in beiden Fällen die mittlere Normalzeit, d. h. die für den Normalzug (N.) gebrauchte mittlere Zeit (N.-Zt.(m.)) fast gleich ist, und ebenso die absoluten mittleren Zeitfehler (Zt.-F.(m.)), bleiben auch die relativen Zeitfehler ungefähr dieselben, während andererseits die an der Strecke (und somit auch der Spannung) gemessenen Fehler sehr erheblich verschieden sind 15,3 : 5,8. Man kann daraus ersehen, daß die Aufgabe »Zeit gleich machen!« hier störend und unnatürlich wirkt, da sie den »Fehler« so auffällig vergrößert.

Die übrigen Vp. verhielten sich ebenso.

Dem könnte man entgegenhalten, daß die betreffenden Vp. auf Kraft-Schätzungen (wenn auch ohne bestimmten Auftrag) eingeübt, also für solche Zeitversuche »verdorben« waren. Deshalb begann ich die Experimente bei einer neuen Vp. (W.) mit den Zeitversuchen.

Vp. W.: 14. Juni. Erste Sitzung.

sch. F. 80. **m. F. 80.**

Auftrag: »Zeit gleich!«

Zeit			Fehler
N.	V.	Zt.-F.	
$1^3/_5$	$2^3/_5$	+1,—	—21
$2^1/_5$	$1^3/_5$	—0,6	—38
6	3	—3,—	+17
$4^2/_5$	2	—1,6	—28
$3^2/_5$	$3^2/_5$	—0,—	+28
4	$4^2/_5$	+0,4	+31
$3^2/_5$	$2^2/_5$	—1,0	— 4
4	$2^1/_5$	—1,8	—16
$4^3/_5$	$3^2/_5$	—1,2	+12
$3^2/_5$	$5^2/_5$	+2,—	+15
N.-Zt.(m.) = 3,7		Zt.-F.(m.) = 1,26	$F(m)$ = 21

Zeit			Fehler
N.	V.	Zt.-F.	
$7^2/_5$	$4^2/_5$	— 3,—	—19
$7^1/_5$	$2^2/_5$	— 5,—	—11
13	5	— 6,—	—11
$2^2/_5$	$3^2/_5$	+ 1,—	—21
19	6	—13,—	— 1
6	$3^2/_5$	— 2,6	—21
$5^2/_5$	$3^2/_5$	— 2,—	+ 4
17	$6^2/_5$	—10,6	0
$7^2/_5$	$6^2/_5$	— 1,—	+ 3
$7^1/_5$	$4^2/_5$	— 2,8	+31
N.-Zt.(m.) = 9,2		Zt.-F.(m.) = 4,7	$F(m)$ = 12,2

Das ist das Ergebnis der ersten Versuchsstunde. In derselben Stunde gleich an sch. F. »Zeit gleich!« eine Reihe mit anderer Aufgabe zu schließen, war nicht angängig, da die Vp. sonst auch gleich »verdorben« worden wäre. Um so interessanter ist die Tatsache, daß die angeschlossene Reihe mit m. F. »Zeit gleich« ein im $F(m)$ sehr viel günstigeres, im Zt.-F.(m.) aber sowohl absolut als relativ viel ungünstigeres Ergebnis lieferte, während doch »infolge größerer Übung« wohl ein besseres zu erwarten gewesen wäre, falls der Übungseinfluß sich, der gestellten Aufgabe entsprechend, im Zeitverhältnis ausgesprochen hätte. So aber zeigte er sich um so deutlicher im Spannungsverhältnis, und die Vp. machte am Schluß dieser zweiten Reihe folgende, bezeichnende Aussage: »Es fällt mir jetzt (mit m. F.) viel schwerer, die Zeit gleich zu machen. Ich muß mich mehr anstrengen und glaube nicht, daß es mir so gut gelungen ist wie vorhin.«

Die Ursache ist unschwer zu erraten: es hatte sich außer der stärkeren Federspannung nichts geändert. Und was dieser am Anfang stehenden Vp. nicht bewußt wurde, sprachen die anderen, im bezüglichen Selbstbeobachten bereits geübten deutlich aus, als ich diese Zeitversuche einschob: »Wenn ich mit m. F. oder mit st. F. die Zeit gleich machen soll, so halte ich mich doch unwillkürlich an die Spannung, bei dem einen Zug mehr, bei dem anderen weniger. Auf die Spannung zu achten ist das einzig Natürliche.« (Vp. R. am 14./7.)

Durch diese Aussagen in der bereits durch die früheren Versuche gewonnenen Überzeugung bestärkt, mußte ich eine größere Anhäufung solcher Zeitversuche für aussichtslos halten. Ich schloß deshalb in der nächsten Sitzung an die wiederholte Versuchsreihe »m. F. Zeit gleich« mit Vp. W. eine gewöhnliche Versuchsreihe an, d. h. eine mit der allgemeinen Aufgabe »2 gleiche Züge!« Das Ergebnis war folgendes: 1) »Zeit gleich!«: mittl. Zeit-Fehler = 3,9; mittlere Normalzeit = 7,5; mittlerer Fehler = 14,3; 2) »2 gleiche Züge!«: mittl. Zeit-Fehler = 2,2; mittlere Normalzeit = 8,1; mittl. Fehler = 5,9.

Es ergab sich also mit dieser neuen Vp. gleich dieselbe Verschiebung zu ungunsten des Zeitkriteriums, wie bei den bereits eingeübten. In wie auffälliger Weise sich Herr W. auch weiterhin von der Zeit unabhängig zeigte, wurde bereits weiter oben durch die Beispiele mit dem interessanten Zurückgehenlassen und Auf- und Abschwanken illustriert.

Selbstbeobachtung der Versuchspersonen (bei den Federzügen).

Wegen der großen Wichtigkeit der Selbstbeobachtungen sowohl für die Lösung der Hauptfrage, als auch für die genauere psychologische Erklärung des Vorganges mögen jetzt die wichtigsten typischen Aussagen der Vp. in der Reihenfolge, in der sie abgegeben wurden, verzeichnet werden.

Vp. Bf.

3./2. 12. sch. F.: Ich halte mich an die Kraftleistung.

7./2. sch. F.: Ich urteile mehr nach der Strecke.

10./2. sch. F.: Zeit und Strecke.

10./2. st. F.: nur nach Kraft.

14./2. st. F.: nur nach Kraft; O. F. Strecke.

Weitere spontane Aussagen machte Vp. Bf. nicht. Auf gelegentliches Befragen, ob sie über ihre Beobachtungen nichts mehr auszusagen habe, erfolgten später bei st. F. und m. F. stets nur noch Hinweise auf die »Kraft«, bei sch. F. unsichere Aussagen, bald »Kraft«, bald »Strecke«, bei O. F. stets »Strecke« oder »ganz unbestimmt«.

Vp. Bst.

22./1. 12. m. F.: Ich schätze nach der aufgewandten Kraft. st. F. nicht nach der Zeit, sonst aber unbestimmt.

29./1. m. F.: Ich versuche die Züge gleichzumachen nach der Muskelkraft. Die Entspannung (Beginn des Rückwegs) dient zur Kontrolle.

5./2. m. F.: Urteil nach Spannung. O. F. Urteil vielleicht nach der Zeit. st. F. nur nach Kraft.

12./2. O. F.: nicht nach der Zeit, sondern nach der Strecke.

Vp. A.

22./1. st. F. Vp. merkt an der Entspannung einmal, daß der Zug zu klein war, ein andermal merkt sie noch während des Anziehens, daß er zu stark ist.

23./1. m. F.: Ich glaube die Muskelspannung und die Zeit in Betracht zu ziehen. — Eine Weile nachher: Jetzt habe ich deutlich gemerkt, daß der Zug nicht so lange dauerte; aber er war stark genug (m. F. 80, Fehler + 1). Nachher m. F. 55: Fehler — 2. Ich habe nur auf die Kraft geachtet.

19./2. O. F.: Urteil nach der Strecke. sch. F.: Vielleicht auch nach der Strecke.

Vp. Sch.

6./2. O. F.: Urteil nach dem Winkel des Fingers. — Druck-Empf. am Finger an der Berührungsstelle des Ringes.

8./2. st. F.: Verschiedene Empf.: Kraft, Druck, Bewegung, Lage des Fingers (∢). Das Urteil hält sich einmal an das, dann an ein anderes. — Nein, ausschließlich Muskelspannung. sch. F.: Druck-E. und Krümmungs-Winkel. — Nein, ausschließlich Druckempfindungen.

13./2. m. F.: Im Anfang des Zuges Druck, später nur noch Kraft. st. F. ausschließlich Spannung im Mittelfinger, besonders bei kleiner Strecke.

15./2. sch. F. 30: Man zieht so wenig als möglich, sonst hier kein Anhaltspunkt.

5. 3. m. F. 55: Spannungsempf. auch im Handrücken.

Vp. Sn.

1./2. st. F.: Ich glaube mich an die Druckempfindungen am Finger zu halten. — Etwas später: Das Urteil erfolgte auf Grund der Stellung des Fingers (Lageempfindungen) und der Druckempfindungen am ziehenden Finger. Auch die Druckempf. am gegendrückenden Daumen wirken mit. sch. F. nur Druckempf. am ziehenden Finger.

2./2. st. F.: Zunächst gleichlautende Aussagen, dann: Urteil nach der durchlaufenen Strecke (Bewegungsempf.). sch. F.: Urteil nur nach der Strecke.

8./2. st. F.: Urteil nach dem Kraftaufwand. m. F.: Nur nach dem Spannungsgefühl im Finger. sch. F.: Urteil nach dem Weg des

Fingers. Etwas später: nach dem Krümmungsgrad des Fingers. O. F. kein sicherer Anhaltspunkt. Alles aufs Geratewohl.

15./2. O. F.: Urteil nach der Strecke, aber sehr unsicher, weil man nicht merkt, ob wirklich eine Bewegung erfolgt.

26./3. sch. F.: Ich merke kaum, ob sich's bewegt, und schätze nach Zeit oder Weg. st. F.: Jetzt schätze ich nur noch nach der Endkraft. m. F.: ebenso. sch. F.: Wenn ich mich bei den Zügen mit sch. F. der Grenze nähere, wo bei N. der Haltruf erwartet wird, oder wo ich bei V. anhalten soll, so habe ich immer eine eigenartige E. in der Hand, dann auch im Arm bis zur Schulter herauf. Es ist, wie wenn sich ein feines Gewebe über den Arm und das Gesicht der dem Apparat zugekehrten Seite legt, oder ein feiner Nebel, ähnlich wie wenn ein schönes, blondlockiges Mädchen da sitzt. (Die Vp. war zu dieser Zeit nervös und in ärztlicher Behandlung wegen Störungen der Verdauungstätigkeit.)

7./6. O. F. 80 (siehe die oben abgedruckte vollständige Reihe). Wenn 80 erreicht oder überschritten wird, stellt sich ein eigenartiges Gefühl im Arm ein, vom Finger bis zum Ellbogen; beim Fortschreiten der Versuchsreihe geht's bis in die Füße, wie ein leichter elektrischer Strom.

7./6. sch. F. 80 (diese und die folgende Reihe sind ebenfalls oben abgedruckt). Ähnliche Empf. wie vorhin, doch ist der »elektrische Strom« nicht so deutlich. Ich bin von der vorhergehenden Versuchsreihe mit O. F. zu müde, deshalb größere Schwankungen in den Zeiten, größere Unsicherheit und wohl größere Fehler. Bei dem einen Zug flog im Augenblick des Anhaltens eine Fliege auf die Hand. Das empfand ich wie einen Schlag.

7./6. m. F. 80: Beim ersten Zug: Hier schätze ich nur nach Kraft-E. Am Schluß der Reihe: Hier überall nach Kraft-E. Beim dritten Vergleichszug hielt Vp., als das Ziel genau erreicht war, wozu sie $6^2/_5$ Sekunden gebraucht hatte, noch 3 Sek. still, also die gleiche Endspannung beibehaltend und den Zug als »gut« bezeichnend trotz der infolge des Anhaltens sehr vermehrten »Anstrengung« und »Zeit«. Der 4. Zug wurde diesem genau gleich gemacht. Auch die übrigen Züge der Reihe waren unter dem Gesamt-Mittel, das für diese Vp. bei m. F. 80: 6,812 bzw. 4,31 in $F(m)$; 4,401 bzw. 3,399 in $V(m)$ betrug. Diese Versuchsreihe hatte aber in $F(m)$ 3,9 und in $V(m)$ 2,5.

7./6. st. F. 80: Vp. ist durch die 3 voraufgegangenen Reihen ermüdet, und die Ermüdung steigert sich besonders rasch, da jetzt st. F. 80 gezogen werden muß: »Ich halte mich nur an die Endspannung.« Gegen Schluß: »Jetzt ziehe ich mit letzter Kraft, sozu-

sagen bis ich nicht mehr kann.« N.B. Die Züge waren trotzdem recht gut: $F(m)$ 2,8; $V(m)$ 2,56, also wesentlich besser als das Gesamt-Mittel der ersten Serie und dem der zweiten (in die diese Reihe fiel) fast gleich (siehe Tabelle).

Es zeigt sich also bei dieser Vp. besonders auffällig, wie die Ergebnisse besser wurden, sobald sie die Druck- und Lageempfindungen nicht mehr mit beachtete, sondern sich ausschließlich an Spannungsempfindungen hielt.

Da aber die früheren Ergebnisse, die also nicht unter günstigen Bedingungen gewonnen worden waren, bei der Aufstellung des Gesamtmittels in gleicher Weise verrechnet worden waren, muß die tatsächliche Unterschiedsempfindlichkeit sehr viel tiefer angenommen werden. Bei Versuchen, die sich nicht die Aufzeigung der Abhängigkeitsbeziehungen, sondern die Schwellenbestimmung zum Ziel setzen, wird man natürlich von vornherein die Vp. belehren, auf was sie die Aufmerksamkeit zu konzentrieren haben. Auch wird man von solchen Versuchen keine Aussagen verlangen.

10./6. sch. F. 80: Ich komme beim Ziehen nicht über einen gewissen Punkt hinaus, wie wenn ich mit dem Finger am Hahn eines Revolvers drücke, aber verhüten will, daß es wirklich losgeht. —

Die bemerkenswerten Aussagen der Vp. W. wurden bereits bei der Besprechung der Zeitverhältnisse angeführt.

Vp. R.

15./1. m. F.: Ich schätze nach dem Kraftaufwand. Der Rückweg dient oft zur Kontrolle und veranlaßt dann die Bemerkung »größer«, »kleiner« oder »gut«.

19./1. st. F.: Ich glaube, der Vergleich der beiden Entspannungen ist von Bedeutung.

2./2. m. F.: Ich urteile nach der Spannung. st. F.: Ja, jetzt bleiben aber die Spannungsempf. nicht auf die Hand beschränkt; ich spüre sie auch im Arm.

9./2. sch. F.: Druck-E. und etwas Spannungs-E. Etwas nachher: Urteil mehr nach Spannung als nach Druck. O. F. unsicher, wohl Lage-E. des Fingers.

27./3. O. F.: Urteil nach der Beugung des Fingers, aber sehr unsicher.

22./4. st. F. 30 mit m. F. 118 in mehrfachem Wechsel. Da ich bemerke, daß die Vp. die Vergleichszüge fast regelmäßig rascher durchläuft als die Normalzüge, frage ich sie, ob sie nicht manchmal auch auf die Zeit oder auf die Geschwindigkeit achte. Antwort: Nein,

das kann ich nicht gebrauchen. Ich behalte die Endspannung des Normalzugs im Gedächtnis und beeile mich dann, den Vergleichszug möglichst rasch zu ziehen, bevor die Erinnerung zu sehr verblaßt.

Vp. E.

25/.1. 12. m. F.: »Urteil nach Kraft und Strecke«. Etwas später: »Rein nach Strecke«. Dann: »Ob Kraftempf. oder Arbeit?«

1./2. m. F.: Die Zeit ist im Bewußtsein ausgeschlossen. Fast sicher auch die Strecke ausgeschlossen; bleiben noch Druck- und Spannungsempf. Letztere sicher mit. st. F.: Weniger Druck als Spannung. Bei der Vergleichsstrecke gehe ich nicht darauf aus, gleichen Druck herzustellen, sondern dieselbe Spannung wie bei N.

8./2. st. F.: Spannung und etwas auch Druck. m. F.: Urteil fast oder ganz ausschließlich nach Spannung. Im Bewußtsein ist jedenfalls nur die Spannung. Ich habe früher mit dem anderen Ergographen gearbeitet (ohne Ring) und empfinde diesen Ring als sehr viel vorteilhafter.

12./2. st. F.: Im Blickpunkt des Bewußtseins ist die Berührungsstelle zwischen Finger und Ring und der Finger überhaupt, der Arm erst im Blickfeld.

Es wirkt ein Komplex von Druck- und Spannungsempf., doch verschmelzen diese nicht. sch. F. 80: Von etwa der Mitte des Zuges an scheint der Druck nicht mehr zu wachsen. Die Spannung spielt hier (bei schw. F.) gar keine Rolle. Es bleibt nur die Strecke im Bewußtsein, — visuell deutlich. Die Biegung des Fingers.

15./2. sch. F.: Verschiedene Strecken: Nicht Spannung, fast auch nicht Druck. Beide bleiben in der 2. Hälfte unverändert. Die Zeit wird nicht beachtet.

18./7. O. F.: Nur Lageempfindungen. st. F.: Nur die Endspannung wird im Gedächtnis behalten. Durch den sich sofort bewegenden Finger wird die Aufmerksamkeit auf den Bewegungseintritt gelenkt, und dadurch werden die am Finger auftretenden Druckempf. in den Blickpunkt des Bewußtseins gerückt. Zur Schätzung dienen diese wohl aber nicht. Nur die Endspannung in den Muskeln und Sehnen wird verglichen.

18./7. sch. F.: Ein Anwachsen der Spannung ist nicht bemerkbar. Für das Urteil maßgebend ist die Bewegung oder der Endzustand: Lageempfindung.

NB. Weitere Aussagen dieser Vp. sind bei den Gewichtshebungen verzeichnet, da sie in einen Vergleich der beiden Versuchsanordnungen eingekleidet sind.

Vp. St.

8./3. 12. st. F. 80: Wenn ich (bei V.) in die Gegend komme, wo der Normalzug endigte, scheint eine Wand da zu sein. Ich muß dann noch etwas darüber hinausgehen, bis die Strecke erreicht ist. Die Schätzung erfolgt also auf Grund der Endspannung.

22./3.: Ganz ähnliche Aussagen für st. F. 55.

11./5. sch. F. 80: Die Strecke kommt mir jetzt sehr viel größer vor (als bei st. F.). Gegen Ende der Strecke, wenn die Spannung sich bemerkbar zu machen beginnt, stellt sich geradezu ein Lustgefühl ein.

m. F. 80: Ich achte unwillkürlich auf die Endspannung. Ich stelle mir vor, als ob ich dann an eine Wand anstieße, und frage mich beim Vergleichszug: Wann kommt die Wand?

O. F. 80: Ganz unsicher, oft keine Bewegung gemerkt.

st. F. 80: Ich habe den Eindruck, daß es mich stört, wenn ich mich nach der Strecke frage. Bei der sch. F. ging das noch gut. Hier sicher nach Endspannung geschätzt. Der Ring, an dem ich hier ziehe, ist viel angenehmer und stört viel weniger als der übliche Ergographengriff.

18./5. m. F. 80: Der Gegendruck am Handballen und Daumen wirkt störend. Noch mehr aber stört die Reflexion. Die Versuche mit intensiver Selbstbeobachtung sind von den anderen (die verrechnet werden sollen) zu trennen, da infolge der Selbstbeobachtung sicher schlechtere Ergebnisse erzielt werden. [Das fand sich bestätigt, deshalb wurden die betreffenden Versuchsreihen von der Verrechnung ausgeschlossen. D. Verf.] sch. F. 80: Ich arbeite jetzt unter Stimmungslust, weil der Gegendruck fehlt. Hier schätze ich deutlich nach der Strecke. Der Eindruck drängt sich auf, daß die Endspannung nicht entscheidend mitwirkt. O. F. 80: Beim Haltruf habe ich oft den Eindruck, noch nicht gezogen zu haben.

3./8. m. F. 80: Ich stemme jetzt die Hand nicht mehr gegen den Griff, so daß der störende Gegendruck wegfällt. Ich muß mich beim Normalzug bemühen, die einzelnen Spannungsphasen auseinanderzuhalten. Dann frage ich immer: »Wo ist die Wand?« und lokalisiere dieselbe in die Fingergegend.

5./8. m. F. 80: Heute lasse ich den Zug laufen bis »Halt« und tue dann einen raschen Rückblick auf die letzte Phase, die aber nicht zu langsam sein darf, sonst hebt sich der Spannungszuwachs nicht genügend ab.

11./8. m. F. 80: Anstatt beim Vergleichszug zu reflektieren, ob's nun bald genug ist oder nicht, warte ich einfach, bis die Reproduktion

des »Halt« von selbst wieder eintritt. Dann rufe ich mir selbst (sprachmotorisch) »Halt« zu. [$F(m) = 5$; $V(m) = 3$, also heute bedeutend unter dem Gesamtmittel 7,12 bzw. 4,288.] st. F. 80: Wenn das »Halt« ertönt in einem Augenblick, in dem ich einen deutlichen Eindruck habe von der aufgewandten Kraft, dann kann ich gut schätzen, andernfalls bin ich ganz unsicher.

13./8. m. F. 80: [So oft der Zug weniger als $2^1/_2$ Sekunden dauerte, verlangte Vp. ihn noch einmal, weil es ihr nicht gelungen wäre, die letzte Phase abzutrennen. Überhaupt bereite das bei m. F. viel mehr Schwierigkeiten als bei st. F., andererseits sei jedoch st. F. dadurch benachteiligt, daß der ungewohnt große Kraftaufwand leicht zur Ermüdung führe und sogar ein Zittern des Fingers verursache.]

Zusammenfassend läßt sich über die Selbstbeobachtungen folgendes feststellen. Anfangs beschäftigen alle Kriterien die Aufmerksamkeit: Spannung, Druck, Bewegung, Lage, bisweilen auch die Zeit. Bald aber erweist sich bei der starken und bei der mittelstarken Feder die Endspannung als einziger zuverlässiger Anhaltspunkt. Wo die anderen gelegentlich ausnahmsweise noch beachtet werden, ist es infolge einer Störung, die sie verursachen.

Bezüglich der schwachen Feder wurden keine so eindeutigen, übereinstimmenden Aussagen gemacht. Die Endspannung, die hier höchstens 180 bis 200 g beträgt, wird beachtet und im Gegensatz zu den federlosen Zügen (O. F.) als angenehm empfunden; aber ob sie als entscheidender Anhaltspunkt für die Schätzung dient, bleibt zweifelhaft. Die Lageempfindungen scheinen hier mindestens ebenso wichtig zu sein. Bei den federlosen Zügen boten diese wohl die einzigen Anhaltspunkte.

Die Zeit wurde nur bei einigen Einzelzügen als Kriterium genannt und da nur als mögliches, aber sehr fragliches. Vom Druck sprachen die Vp., soweit sie ihn überhaupt erwähnten, fast nur in den ersten Stunden, später höchstens noch bei sch. F., die keinen sicheren Anhaltspunkt bot und die Vp. zum Suchen zwang.

Sobald sich die Vp. durch die Beobachtung von Druck, Zeit, Lage, Bewegung bei den Zügen mit st. F. und m. F. nicht mehr stören und ihre Aufmerksamkeit ablenken und zersplittern ließen, wurden die Ergebnisse auffallend besser.

2. Teil: Untersuchungen über Kraftempfindungen bei Gewichtshebungen.

In fast allen Vorarbeiten war die Lösung des Problems nicht mit Federspannung, sondern mit Gewichtshebungen versucht worden, und es versteht sich von selbst, daß das vorstehende abweichende Ergebnis in seinem ganzen Umfange vorerst nur für Federzüge gelten will. Verallgemeinern läßt es sich nur insoweit, als uns Kraft-E. gegeben sind und als ausschlaggebendes Kriterium für Kraftschätzungen dienen können, und damit ergibt sich, entgegen verschiedenen Äußerungen anderer Autoren, die Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit, daß sie sich auch an den vielbehandelten Gewichts-Vergleichen wesentlich beteiligen. Die Feststellungen bezüglich des isotonischen und des isometrischen Regimes gelten für beide Versuchsarten in gleicher Weise, wofern die Exkursionen klein genug bleiben, aber sonst bestehen doch grundlegende Unterschiede. Beim Federzug steigert sich die ganz schwach beginnende Spannung gleichmäßig mit der fortschreitenden Verschiebung des Fingergliedes und erreicht am Schluß eine von allen früheren Stadien sich abhebende Stärke. Wird aber durch den Zug am Ring ein Gewicht gehoben, das über einer Rolle hängt, so ist das Anfangsstadium die Hauptsache; denn da ist gleichzeitig mit dem Beginn der Bewegung der gesamte Widerstand zu überwinden (Gewicht + Reibung). Nachher läuft die Bewegung fast von selbst weiter und erfordert nicht selten sogar antagonistische Muskelarbeit. Es muß also hier den Geschwindigkeitsverhältnissen, wie sie sich als Effekt des Hebungsimpulses ergeben, ähnlich wie bei den freihändigen Gewichtshebungen anderer Autoren, erhöhte Beachtung geschenkt werden. Da kleine Schwankungen der Hubhöhe, wie sie trotz der Begrenzung der Strecke unvermeidlich waren (siehe nachstehende Versuchsreihen), wegen des isometrischen Regimes und der gleichbleibenden Belastung hier gleichgültig sein durften, konnte vom Fernrohrablesen abgesehen werden. Es wurde also gleich nach den ersten Einübungszügen das Kymographion mitverwendet und jeder Zug graphisch festgehalten. B. konnte also seinen Standort am Apparat beibehalten und, von Vp. unbemerkt, die Gewichte variieren.

Bei den ersten Versuchsreihen war die Hubhöhe noch nicht durch elektrischen Kontakt begrenzt. Da aber die Kurve nicht über den Trommelrand hinausgehen durfte, und durch ein zu weites Ziehen die Vp. sich auch in der Schätzung ungünstig beeinflußt fühlten,

blieben auch diese Züge innerhalb des isometrischen Regimes. Wenn trotzdem bald durch den beschriebenen Kontakt die Strecke begrenzt wurde, so geschah es einerseits, um auch den ausnahmsweisen Übergang ins isotonische Regime zu verhüten, und andererseits, weil diese Begrenzung die Vp. sicherer machte in der Schätzung der Gewichte, indem sie ihre Aufmerksamkeit besser auf den Vergleich konzentrieren konnten. Dementsprechend wurden die Schwellen nach dieser Verbesserung augenfällig kleiner, — eine Vp. ausgenommen, die zu dieser Zeit nervös und magenkrank war und durch das doppelte Klingelzeichen aufgeregt wurde. Bei der späteren Berechnung der mittleren Schwellen blieben die mit variabler Hubhöhe gewonnenen Ergebnisse unberücksichtigt.

Die Methode war hier die der minimalen Änderungen mit ganz unwissentlichem Verfahren. In zufälligen Sprüngen wurde eine auf- und absteigende Skala in Abstufungen von 10, 20, 30 oder 40 g (das letztere nur beim großen Gewicht und auch da nur in den von der Schwelle entfernten Gebieten) gewonnen und die Urteile nebst den daran geknüpften Aussagen über Selbstbeobachtungen daneben verzeichnet. Die Urteile konnten lauten: gleich (=), unsicher (?), größer (>), kleiner (<), größer deutlich (> d), kleiner deutlich (< d), auch konnte jedes > oder < mit der Einschränkung?, und jedes = mit der Bemerkung »Tendenz nach <« oder »nach >« versehen werden. Diese Vielgestaltigkeit der Urteile komplizierte allerdings die Schwellenbestimmung, aber das mußte mit in Kauf genommen werden, denn das Schwergewicht mußte (wie bei den Federzügen) auf die Frage gelegt werden: Auf Grund welcher Empfindungen ist ein Vergleich der Gewichte möglich, und wie kommt das abgegebene Urteil zustande? Zu diesem Zwecke war die ganz genaue Urteilsabgabe unerläßlich, und die Aussagen der Vp. waren von höchster Bedeutung.

Die Schwellenbestimmung konnte, da wir die Versuche mit den bereits durch die Federzüge übermäßig in Anspruch genommenen Vp. nicht mit der Häufigkeit durchführen durften, wie das für genaue Schwellenbestimmungen erforderlich gewesen wäre, für uns nur den Zweck haben, durch einen Vergleich mit den Federzugergebnissen womöglich einen ungefähren Maßstab zu gewinnen für die Gültigkeit jener Zahlen in ihren Beziehungen zur Unterschiedsempfindlichkeit sowie für den Vergleich mit entsprechenden Werten der Vorarbeiten.

Es wurden als Grundgewichte diejenigen gewählt, die annähernd den Endspannungen der starken und der mittelstarken Feder ent-

sprachen, wenn diese bis gegen 70 ausgezogen wurden, also rund 2700 g und 1340 g. Nach Ausweis der eingangs (S. 216) aufgestellten Gewichtsskalen-Tabelle mußten, wenn der Finger Widerstände von dieser Größe überwinden sollte, der Reibung wegen Gewichte von rund 2600 und rund 1280 g über die Rolle gehängt werden.

Alle Vp. arbeiteten zunächst mit dem kleineren Grundgewicht, da hiermit die Einübung leichter war, und der Finger nicht so leicht ermüdete. Später wurden womöglich in jeder Stunde wenigstens zwei Reihen gewonnen, in abwechselnder Reihenfolge mit den beiden Grundgewichten als Basis, meistens aber gelangen mehr als 2 Schwellenbestimmungen, wobei die Länge der Reihen mit der Disposition der Vp. variierte.

Die Zeitlage blieb stets dieselbe: Das Grundgewicht wurde zuerst gehoben, denn die Umkehrung war bei unserer Fragestellung überflüssig und hätte durch häufigen Wechsel die Vp. in der Analyse ihrer Empfindungskomplexe (das war für uns von grundlegender Bedeutung) zu sehr gestört.

In der Regel folgte auf einen Normalzug gleich der Vergleichszug. War der Vp. die gute Auffassung ihres Hauptmerkmals aus irgendeinem Grunde nicht gelungen, so verlangte sie einen zweiten. Vp. St. wollte immer 2 Normalzüge haben, deren erster zur ungefähren Einstellung diente, während der eigentliche Vergleich zwischen dem 2. und dem Vergleichszug stattfand. Es ist also im Vergleich mit Vorarbeiten, die großen Wert auf die Wirkung der Einstellung legen, sehr interessant zu vergleichen, ob Vp. St. grundsätzlich anders reagiert als die anderen Vp., die ohne Einstellungszug arbeiteten.

Bezüglich der Zuggeschwindigkeit hatte jede Vp. volle Freiheit. Nach dem vorbereitenden Ruf »bald« folgte in dem üblichen Abstand ein elektrisches Klingelzeichen, das gleichzeitig auf der Kym.-Trommel markiert wurde; ein zweites Klingelzeichen wurde, wenn die begrenzte Strecke durchlaufen war, durch den Kontakt ausgelöst und gleichfalls auf der Trommel verzeichnet, dann lief das Gewicht zurück, und für den Vergleichszug wiederholte sich dasselbe. Es wurde uns also außer der genauen Kurve, die jede Geschwindigkeitsphase festhielt, auch die Zeit bekannt, die vom Ertönen des Zeichens bis zum Beginn der Bewegung verstrich. Da jedoch die Vp. nicht immer sofort begann, auch nicht immer sofort beginnen wollte, weil trotz des Vorbereitungsrufes die Konzentration der Aufmerksamkeit nicht immer schon maximal war, deckt sich dieses Intervall nicht mit der wirklichen Latenzzeit. Diese wird man mit Sicherheit nur im zweihändigen Verfahren bestimmen können wie bei Jakobj.

Sie kann aber wegen der dort gefundenen Bestimmungen nicht als wesentliches Kriterium in Frage kommen.

Die nachstehenden Tabellen bringen zunächst wieder einige vollständige Protokolle mit ausgeführter Kurvenverrechnung in Bruchform, und zwar gibt der Zähler die Ordinate, die Nenner die Abszisse in Millimetern, bereits gegen die Normalkurve ausgeglichen. (In Zweifelfällen wurden mit Zuhilfenahme einer starken Lupe auch Bruchteile von Millimetern bestimmt.) Der dahinter stehende Quotient ist also das zum Vergleich geeignete Maß für die Geschwindigkeit. Wo die Kurve infolge erheblicher Schwankungen der Geschwindigkeit in 2 oder 3 deutlich geschiedene Phasen zerfiel, wurden diese getrennt verrechnet, da man ja nicht wissen konnte, welche Phase im Bewußtsein der Vp. ausschlaggebend gewirkt hatte. In Spalte h ist dann durch *s* (schneller), *l* (langsamer), = (gleich), *es* (etwas schneller), *el* (etwas langsamer) angegeben, in welchem Verhältnis die Geschwindigkeit der Vergleichshebung zu der der Normalhebung stand. Dieses Verhältnis bestimmte den Effekt, der nach Müller und Schumann bei ihren Versuchen das Hauptkriterium gewesen war. In Spalte k ist deshalb durch *r* oder *f* angegeben, ob, wenn nach diesem Effekt geurteilt worden wäre, das abgegebene Urteil richtig oder falsch gewesen wäre, während Spalte i angibt, in welchem Verhältnis dieser Effekt zum tatsächlichen Gewichtsverhältnis stand: *gs* (gleichsinnig) bedeutet hier, mit dem leichteren (schwereren) Vergleichsgewicht war eine schnellere (langsamere) Bewegung verbunden, us bedeutet ungleichsinnig, d. h. umgekehrt.

Lücken in der Reihe der laufenden Nummern bedeuten, daß hier ein Versuch verunglückte und, entweder gleich oder später, wiederholt werden mußte. Auch gelungene Züge wurden, wie die beiden Beispiele zeigen, gelegentlich wiederholt (ohne Wissen der Vp.!), um festzustellen, wie sich bei diesen Wiederholungen die Geschwindigkeitsverhältnisse gestalteten; denn jetzt waren die äußeren Bedingungen genau dieselben, und es mußte wichtig sein zu prüfen, ob die trotzdem veränderten Geschwindigkeiten einen gesetzmäßigen Einfluß auf das Urteil ausüben konnten.

In dieser Hinsicht sind die abgedruckten Beispiele durchaus typisch, ebenso wie für die Beziehungen zwischen den Tatbeständen und den genauen und sicheren Aussagen (Vp. Prof. Störring). Auch die Ergebnisse der Versuche ohne begrenzte Hubhöhe und derjenigen, bei denen nur je ein Normalzug stattfand, unterscheiden sich in keiner Weise grundsätzlich von den obigen, so daß von der Wiedergabe weiterer Einzelbeispiele abgesehen werden kann.

Vp. St.: 17. Juli, Grundgewicht 2600 (exkl. Reibung[1]).

a Lfd. Nr. des Kurvenpaares	b Gewichtsdifferenz	c Urteil	d Normalkurve	e Mittlere Geschw.	f Vergleichskurve	g Mittlere Geschw.	h Vh. der Geschw.	i Effekt	k Urteil nach dem Effekt	Bemerkung der Vp.
2	+ 120	> *r*	54/30	1,8	72/16	4,5	*s*	*us*	*f*	Urteil nach II. Phase: Kraft-E.
					(II, 48/13)	(3,5)	*(s)*			
3	— 200	< *r*	62/34	1,8	78/9	8,7	*s*	*gs*	*r*	Müllersches Krit., aber Urteil war schon fertig
4	— 160	? ?	50/35	1,4	54/18	3	*s*	*us*	*?*	
5	+ 160	> *d r*	52/27	1,9	64/18	3,5	*s*	*us*	*f*	
6	+ 80	= ? *f*?	63/18	3,5	66/10	6,6	*s*	*us*	*f*?	
7	— 160	< *r*	49/20	2,4	84/10	8,4	*s*	*gs*	*r*	
9	— 120	< *r*	52/38	1,4	54/13	4,2	*s*	*gs*	*r*	
10	+ 40	*e* > *r*	47/13	3,6	60/9	6,7	*s*	*us*	*f*	2. N. war s. schwer
11	+ 80	> ? *r*?	77/12	6,4	55/13	4,2	*l*	*gs*	*r*?	2. N. flog a. d. Hand
			(II, 22/4)	(18)			*(l)*			
12	+ 80	> *r*	47/40	1,2	50/21	2,4	*s*	?	*r*?	Anfangs >, dann <
					(I, 5/5)	(1)	*(l)*			
13	— 80	< *r*	65/15	4,3	68/7	9,7	*s*	*gs*	*r*	[Beginn d. Beweg.
14	— 40	> *f*	48/33	1,5	63/17	3,2	*s*	*gs*	*f*	Letzte Kraft-E. n. d.
15	— 40	< *r*	50/29	1,7	58/35	1,6	*el*	?	*r*?	Urteil n. d. I. Phase
					(I, 45/9)	(5)	*(s)*			
16	=	< *f*	53/15	3,5	62/7	8,9	*s*	*us*	*r!*	
17	— 40	? ?	54/23	2,3	52/7	7,4	*s*	*gs*	*?*	
18	=	= *r*	53/19	2,8	52/19	2,74	fast =	*gs*	*r*	
19	— 40	< *r*	46/23	2	55/18	3	*s*	*gs*	*r*	
20	+ 40	> *d r*	53/28	1,9	55/14	3,9	*s*	*us*	*f*	
21	+ 20	> *r*	56/23	2,4	55/11	5	*s*	*us*	*f*	
22	— 60	? ?	43/41	1	53/11	4,8	*s*	?	*?*	
23	— 60	< *r*	42/13	3,2	48/7	6,9	*s*	*gs*	*r*	
Sa. 21		14 (1) *r*					17 (1) *s*	10 *r*	8 (3) *r*	
		2 (1) *f*					1 (1) *l*	8 *f*	6 (1) *f*	
		3 ?					1 =	3 ?	3 ?	

NB. Nur 1mal (Nr. 16) war ein *f*-Urteil, nach dem Effekt *r!*, konnte also auf Täuschung durch den Effekt beruhen; 5 mal dagegen waren Urteile auch dann *r*, wenn ein deutlich entgegengesetzter (*f*) Effekt Gelegenheit gehabt hätte, eine Täuschung zu bewirken.

1) Mit der Veränderung der Vergleichsgewichte variierte selbstverständlich auch der Reibungskoeffizient. Doch betrug der Reibungszuwachs selbst bei 200 g bloß etwa 5 g, und die Schwelle lag ja immer viel tiefer, da, wo höchstens 1 oder 2 g Reibungs-Plus oder -Minus in Betracht kamen. Wir glaubten deshalb diesen Faktor unbesorgt vernachlässigen zu dürfen. Der Kraftaufwand betrug also bei N. stets 2718 g (inkl. Reibung), und bei V. rund soviel mehr oder weniger, als in der Spalte b) angegeben ist.

Vp. St.: 30. Juli, Grundgewicht 1280 g ohne, 1340 g mit Reibung.

a Laufende Nr.	b Gewichtsdifferenz	c Urteil	d Normalkurve	e Mittlere Geschw.	f Vergleichskurve	g Mittlere Geschw.	h Vh. der Geschw.	i Effekt	k Urteil nach dem Effekt	Bemerkung der Vp.
1	+ 100	< *f*	31/19	1,6	38/20	1,9	*s*	*us*	*r!*	
2	+ 100	> *r*	31/33	1,3	47/27	1,7	*s*	*us*	*f*	Kraftaufwand
3	— 80	< *r*	45/39	1,1	37/21	1,7	*s*	*gs*	*r*	
4	+ 40	? ?	35/20	1,75	38/22	1,73	fast =	*us*	*r?*	Müllersches Krit.
6	— 40	< *r*	34/52	0,6	33/20	1,6	*s*	*gs*	*r*	bestätigt ein schon
7	+ 60	>*d r*	37/14	2,74	43/15	2,86	*es*	*us*	*f*	vorh. gefällt. Urteil
8	— 60	< *r*	30/30	1	35/10	3,5	*s*	*gs*	*r*	Spannungsempf.
9	— 20	*e*< *r*	33/21	1,6	34/14	2,4	*s*	*gs*	*r*	
10	+ 20	*e*<? *f?*	30/22	1,4	29/11	2,6	*s*	*us*	*?*	
			I, 17/3)	(5,7)			*(l)*	*(gs)*		
11	+ 40	< *f*	38/26	1,5	30/16	1,9	*s*	*us*	*r!*	
12	+ 40	>*d r*	35/17	2,1	38/14	2,7	*s*	*us*	*f*	Deutlich Spannung
13	+ 10	? ?	38/17	2,2	32/27	1,2	*l*	*gs*	*f?*	
14	+ 40	> *r*	31/27	1,2	34/13	2,6	*s*	*us*	*f*	
15	+ 10	< *f*	32/17	1,9	33/18	1,8	*el*	*gs*	*f*	
16	=	? ?	38/12	1,2	37/20	1,85	*l*	*us*	*f*	
17	+ 30	*e*> *r*	34/20	1,7	35/16	2,2	*s*	*us*	*f*	
Sa.		9 *r*					11 (1) *s*	6 *gs*	6 (1) *r*	
16		3 (1) *f*					3 *l*	9 (1) *us*	7 (1) *f*	
		3 ?					1 =		1 ?	

NB. 2mal war ein *f*-Urteil »nach dem Effekt *r!*«, konnte also auf Täuschung durch den Effekt beruhen, aber 5mal waren Urteile auch dann *r*, wenn ein deutlich entgegengesetzter (*f*) Effekt Gelegenheit gehabt hätte, eine Täuschung zu bewirken, um so mehr, als der relative Unterschied in den Gewichtsverhältnissen meist viel geringer war als der relative Geschwindigkeitsunterschied.

In der nachstehenden Schlußtabelle sind die Zusammenstellungen, wie sie am Fuße der vorstehenden Beispiele verzeichnet sind, für jede Vp. gesondert addiert und in den beiden letzten Spalten auch die in den NB. angemerkte Gegenüberstellung der Fälle gegeben, in denen das Urteil nach dem Effekt *r* war, aber *f* nach dem tatsächlichen Gewichtsverhältnis (Eff. *r* bei G.-Vh. *f*) und umgekehrt (Eff. *f* bei G.-Vh. *r*); denn diese Gegenüberstellung ist von außerordentlicher Bedeutung. Daß die in Klammern beigefügten Zahlen die ? Fälle betreffen, ist nach den gegebenen Vollbeispielen verständlich.

Zusammenstellung der Ergebnisse der Kurven-Verrechnung.

a) Grundgewicht 1340 g (inkl. Reibung).

Vp.	Anzahl der Kurvenpaare	Geschwindigkeits-Verhältnis			-Effekt			Urteile nach dem Geschw.-Eff.			Gewichts-Verhält.			Eff. r bei G.-Vh. f	Eff. f bei G.-Vh. r
		s	l	? od.=	gs	us	?	r	f	?	r	f	?		
St.	197	157	31 (1)	8	90	102	5	67 (17)	87 (20)	6	127 (19)	17 (5)	29	4 (5)	61 (7)
Bf.	132	58	51 (1)	22	62	57	13	31 (4)	86 (5)	6	83 (5)	36 (7)	1	7 (1)	53 (4)
Ad.	107	34	62	10 (1)	54	46	7	45 (9)	42 (5)	6	83 (6)	6 (5)	7	3 (5)	31 (6)
R.	167	57	82	28	70	76	21	71 (9)	74 (6)	7	92 (6)	47 (13)	9	8 (7)	31 (2)
Sch.	168	100 (4)	57 (6)	1	71	96	1	47 (4)	112 (2)	3	100 (4)	57 (6)	1	5	54 (2)
Sn.	36	18	14	4	19	15	2	14	22	0	21 (1)	3 (2)	4	1 (1)	11
E.	95	31	50 (1)	13	38	47	10	29 (4)	58 (3)	1	53 (6)	23 (12)	1	5 (2)	29 (5)
T.	36	8	18 (2)	8	17	14	5	9 (2)	15 (3)	7	30 (1)	5	0	0	11 (3)
W.	170	91	55	24	70	79	21	47 (9)	99 (9)	6	106 (1)	33 (15)	15	7	52 (2)
Sa.	1108	554 (+ 4)	420 (+ 11)	118 (+ 1)	491	530	87	360 (+ 58)	595 (+ 53)	42	695 (+ 49)	227 (+ 70)	67	40 (+21)	333 (+ 31)

b) Grundgewicht 2700 g (inkl. Reibung).

St.	169	112	48	9	92	70	7	62 (19)	68 (9)	11	98 (27)	16 (11)	17	8 (3)	40 (24)
Bf.	134	66	52	16	53	65	16	47	77 (1)	9	84	40 (4)	6	8 (3)	30
Ad.	121	24	86	11	67	45	9	39 (1)	73 (1)	7	81 (1)	22 (9)	8	7	47 (2)
R.	120	32	65	23	47	54	19	44	68 (1)	7	74 (3)	40	3	8 (3)	23 (4)
Sch.	111	63 (5)	33 (3)	7	58	47	6	32 (6)	64	9	63 (5)	33 (3)	7	9	27 (1)
Sn.	32	8	17	7	12	17	3	14	16 (1)	1	16 (2)	12 (1)	1	7	12 (1)
T.	27	11 (5)	10 (1)	—	8	11	8	12	15	—	22 (2)	1	2	(1)	3 (2)
W.	159	63	72	24	63	26	20	56 (4)	77 (7)	15	84 (7)	48 (10)	10	4 (2)	21 (10)
Sa.	873	379 (+ 10)	383 (+ 4)	97	400	385	88	306 (+ 30)	458 (+ 20)	59	522 (+ 47)	212 (+ 38)	54	51 (+12)	203 (+ 35)

Wer diese ? Fälle voll mitzählen will, braucht nur die Klammerzahlen zu den Hauptwerten zu addieren.

Die Latenzzeiten, denen Jakobj die entscheidende Rolle zuspricht, hatten wir bei der Verrechnung der Kurven anfänglich stets auch mitgenommen und in die aufzustellenden Tabellen eingetragen. Aber der oben ausgesprochene Hinweis, daß unsere Versuchsanordnung nicht die wahren Latenzzeiten treffen könne, erwies sich nur zu bald als voll berechtigt, so daß von einer weiteren Verrechnung Abstand genommen werden mußte.

Schlußfolgerungen aus den Gewichtsversuchen.

An dieser Tabelle muß zunächst auffallen, daß die *s* und *l* mit sehr verschiedener Häufigkeit auftreten. Bei Vp. St. z. B. stehen beim kleinen Gewicht den 157 *s* nur 31(+ 1) *l* gegenüber, bei Vp. A. auf 34 *s* dagegen 62 *l*, bei Sch. wieder auf 100 (+ 4) *s* bloß 57 (+ 6) *l*. Dabei ist zu beachten, daß Vp. St. eine Einstellungshebung machte, Vp. Sch. aber nicht, so daß sich St.s Tendenz nicht aus der Einstellung erklären läßt. und die bei einigen Vp. auftretende entgegengesetzte Tendenz nicht aus dem Fehlen einer solchen. Nur bei Vp. Bf. sind die Zahlen annähernd gleich: 58 *s* zu 51 (+ 1) *l*. Es zeigt sich also fast ausnahmslos eine starke Tendenz, den Vergleichszug entweder erheblich rascher, bzw. langsamer zu ziehen, und zwar hat diese Tendenz beim großen Gewicht für jede Vp. dieselbe Richtung wie beim kleinen[1]).

Schon das spricht gegen die gesetzmäßige Abhängigkeit des Urteils von Geschwindigkeitsverhältnissen und zwar sowohl gegen die Müllersche als auch gegen die Lehmannsche Theorie. Gegen Treves muß auch auf die Schwankungen der Hubhöhe, die trotz der Begrenzung nicht ausblieben, verwiesen werden. Es erscheint demgemäß höchst unwahrscheinlich, daß Treves wirklich Hebungen gleichen Umfangs erzielte. Das bedeutet aber für seine Berechnungsweise einen folgenschweren Irrtum.

Damit stimmt vollkommen überein, daß sich der Geschwindigkeits-Effekt als solcher unabhängig erwies von den objektiven Gewichtsverhältnissen: die Anzahl der *gs* (gleichsinnig) und *us* (ungleichsinnig) halten sich bei allen Vp. fast die Wage.

Daß die Urteile unter diesen Umständen auch zufällig oft mit dem Geschw.-Eff. übereinstimmten, ist selbstverständlich. Doch ist es bezeichnend, daß diese (zufällig) richtigen Urteile nach dem G.-Eff. bei allen Vp. sehr viel weniger zahlreich waren als die falschen: 360 (+ 55) *r* : 595 (+ 55) *f* beim kl. Gew.; 306 (+ 30) *r* : 458 (+ 20) *f* beim größeren Gewicht.

Umgekehrt finden wir bei der Annahme, daß das Urteil einfach

1) Vp. Sn. kann nicht als sichere Ausnahme gelten, da er nur mit 36 + 32 Versuchen vertreten ist. Da die Typen unter den Vp. abwechseln, gleichen sich die Tendenzen in den Summen am Fuß der Tabelle annähernd aus.

nach dem objektiven Gewichts-Vh. und somit nach dem Vh. der Gewichts-E. abgegeben wurde, ausnahmslos bei allen Vp. auffällig mehr *r* als *f*, im ganzen 695 (+ 49) *r* : 227 (+ 70) *f* beim kleineren Gewicht, 522 (+ 47) *r* : 212 (+ 38) *f* beim größeren Gewicht.

Das spricht entschieden zugunsten der Kraft-E. und gegen die Prävalenz der Abhängigkeit vom Geschw.-Effekt.

Noch interessanter und beweiskräftiger ist aber die Gegenüberstellung der beiden letzten Spalten, da hier die zufälligen Übereinstimmungen ausgeschaltet sind. Die vorletzte Spalte beantwortet die Frage: Wie oft hat ein dem obj. Gewichts-Vh. entgegengesetzter Geschw.-Eff. das Urteil getäuscht? Und die letzte Spalte: Wie oft war das Urteil richtig (d. h. mit dem obj. Gew.-Vh. übereinstimmend), trotzdem in diesen Fällen ein deutlich entgegengesetzter Geschw.-Eff. Gelegenheit gehabt hätte, es zu täuschen? Ausnahmslos ergeben sich für den letzteren Fall um ein Vielfaches höhere Zahlen, zusammen 333 (+ 31) : 40 (+ 21), also rund das Achtfache beim kl. Gew. und 203 (+ 35) : 51 (+ 12), also rund das Vierfache beim gr. Gew. (siehe Tabelle).

Damit erscheint uns der Nachweis, daß auch bei unseren Gewichtshebungen (wie bei den Federzügen) in der Regel wesentlich nur nach Kraft-E. geurteilt wurde, unzweideutig erbracht. Man erinnere sich, daß die kritische Vorprüfung der Ergebnisse von Treves und Jakobj, da die von ihnen mitgeteilten Protokoll-Beispiele als typisch betrachtet werden müssen, entgegen ihren Schlußfolgerungen dasselbe Ergebnis zu liefern schien.

Auch die

Aussagen der Vp.

über ihre Selbstbeobachtungen während der Gewichtshebungen bestätigen diesen Befund.

Häufiger als bei den Federversuchen knüpften die Aussagen hier an bestimmte Einzelhebungen an. Für diese Art von Aussagen sind die abgedruckten Antworten typisch. Zusammenfassend sei bemerkt, daß die Wahrnehmung, das Urteil käme auf Grund des Geschwindigkeits-Effekts zustande (Müllersches Kriterium), nur ausnahmsweise gemacht wurde und nur von fünfen unter neun Vp., nämlich von Vp. St. 4 mal auf 360 Hebungspaare + $^8/_2$ mal, d. h. 8 mal in Fällen, in denen das Urteil vorher schon auf Grund von Kraft-E. gefällt worden war; Vp. E. $^2/_2$ mal auf 95; Vp. A. 3 mal auf 228; Vp. W. $^2/_2$ mal auf 329; Vp. T. $^1/_2$ mal auf 63; Vp. Sn. keinmal auf 68; Vp. R. keinmal auf 287; Vp. Bf. kein-

mal auf 266; Vp. Sch. keinmal auf 379 Vergleichspaare. Daß die bewußte Wahrnehmung nicht häufiger auftrat, beweist selbstverständlich nicht, daß das Müllersche Kriterium nicht doch etwas häufiger gewirkt hat. In dieser Hinsicht dürfte man wohl annehmen, daß ein erheblicher Teil der in der vorletzten Spalte der Tabelle verzeichneten Fälle, also ein gewisser Teil von den rund 100 auf die etwa 2000 dem Müllerschen Kriterium zugeschrieben werden darf, wenn man auch sicher wenigstens einen kleinen Teil dieser Fälle als zufällig wird betrachten müssen. Doch verschwindet diese kleine Gruppe auch so in der großen Menge der Fälle, die sich nur als auf dem Urteil nach dem objektiven Gewichtsverhältnis beruhend erklären lassen. — Von dem entgegengesetzt wirkenden Lehmannschen Kriterium wurde keiner Vp. etwas bewußt, und die Ergebnisse lassen auch eine unbewußte Mitwirkung als unwesentlich oder ganz ausgeschlossen erscheinen.

Die meisten Aussagen der Vp. bezeichneten entschieden Spannungs- oder Kraft-E. als das alleinige Kriterium, und zwar wurde in der Mehrzahl der Fälle die »Anfangskraft« genannt, weniger häufig irgendeine spätere Phase, öfter eine angenehm empfundene, aber nicht erforderliche Bestätigung des ersten Eindrucks durch eine spätere Phase.

Von besonderem Interesse sind die zusammenfassenden analysierenden Rückblicke einiger Vp. auf ganze Sitzungen.

Vp. St. 17./6. Grundgewicht 1340 g.

Ich stellte mich am Anfang der Stunde so ein, daß ich auf den Geschw.-Eff. achtete. Wenn mir das Gewicht nach dem Anzug sozusagen aus der Hand läuft, habe ich den Eindruck »kl.« Für »größer« sind die Schätzungen viel unsicherer und wohl auch ungenauer [das war richtig vermutet; d. Verf.], da das Nicht-aus-der-Hand-laufen sich nicht deutlich abhebt von »gleich«. — Im Fortgang der Stunde stellte ich mich dann auf die erste Kraft-E. ein, d. h. auf die zur ersten Hebung, zum Beginn der Bewegung erforderliche Kraft. Jetzt konnte ich viel sicherer schätzen auf für +.

Der obj. Tatbestand entsprach diesen Aussagen. Anfangs waren + 140 als =, + 130 als = <, + 110 als = <, + 100 als = ?, + 90 als = ? empfunden worden, nachher + 50 als >, + 60 als > *d* und von hier an aufwärts alles lückenlos als > oder > *d*. Aber auch die —Werte waren jetzt deutlicher.

16./7. G. 2700 g.

Ich habe bei gut gelungenen Zügen immer die Empf. einer langsam ansteigenden Spannung. Beim 2. N.-Z. ist das ganz ähnlich. Bei den V. aber muß ich mir sagen: Das ist ja ein viel größerer (kleinerer) Kraftaufwand. Sobald beim 2. N.-Z. das Mü.-Krit. auftritt, bin ich für den Vergl. sehr unsicher. In der Regel geht es aber so, daß ich den 1. N. dazu benutze, um für den 2. N.-Z. die Innervation passend zu machen. Der 1. N.-Z. ist häufig zu langsam. Beim 2. N.-Z. gebe ich mich ganz dem Erleben der Kraft-E. hin. Ist die Kraftleistung vollzogen, so blicke ich zwischen Rückweg und V.-Zg. nochmals auf den ganzen Komplex zurück, zuweilen mit dem Bewußtsein: Ich werde ihn schon verwerten können. (Die Kraftleistung stellt sich ihrer Intensität nach visuell dar, entweder als Band oder als zylindrischer Körper.) Kommt dann der V.-Zg., so gebe ich mich wieder ganz dem Erleben hin. Der N.-Z. scheint dann nicht mehr im Bewußtsein zu sein. Ist die Spannungs-Entwicklung abgelaufen, so scheint in einzelnen Fällen das Urteil $>$ oder $<$ aufzutreten, ohne daß ein ausdrücklicher Vergleich angestellt wird. In anderen Fällen dagegen wird bewußt verglichen.

Vp. E. 17./7. G. 1340.

— 80, V. *l*, U. $<$. Es ging leichter, und zwar war sowohl die Zeit des allgemeinen Anspannens der Muskeln geringer als auch die Arm-E., als es dann losging. Außerdem hatte ich nachträglich den Eindruck, daß V. auch schneller ging.

+ 100, V. *el*, U. $>$. 1) Ich suchte beim V. genau das gleiche Ansteigen der Muskelspannung zu setzen, die Bewegung schien aber noch nicht einzutreten, trotzdem die gleiche Spannung da war. 2) Während der Bewegung wurde der Eindruck bestätigt. 3) Die Spannungs-E. in Hand und Finger $>$.

+ 80, V. *l*, $>$. Die Bewegung trat noch nicht ein, als die Spannung schon da war; also $>$; dieser Eindruck dann bestätigt.

Wenn der Eindruck nicht im 1. Drittel der Bewegung entsteht, so ist das Urteil unsicher. Man darf nicht schon im Augenblick des Anziehens eine vorgefaßte Meinung haben. Besser man vergleicht auch gar nicht während des Zuges, sondern man sucht nur genau den gleichen Zug zu wiederholen. Der Vergleich stellt sich dann ganz von selbst ein.

Das Müllersche Kriterium bewirkt hier und da eine

Täuschung, wenn man nicht scharf genug sich eingestellt hat, aber es ist nicht die Basis des Urteils.

18./7. Bei den Federzügen muß man den N.-Zug besser im Gedächtnis behalten als bei den Gewichten, sonst sind's genau die gleichen Kriterien. Weil die Hauptsache am Finger geschieht, so werden (bei der F.) leicht die Muskel-E. im Arm übersehen. Bei den Gewichten aber tritt zunächst keine Bewegung auf, deshalb keine Ursache, so sehr auf den Finger zu achten, und daher hier deutlich Muskel-E. im Arm.

Beim großen Gewicht treten die Arm-E. noch mehr in den Vordergrund; sicher Muskeln im Arm, sicher Sehnen im Finger.

Vp. W.

21./6. Wenn ich denselben Impuls anwenden kann, ist das Urteil leicht zu fällen.

15./7. Ich vergleiche die Anzugsbedingungen.

25./6. Ich habe deutlich visuelle Hilfsvorstellungen.

Primär sind die Spannungs-E., sekundär deren Übersetzung in die Vorstellung einer Linie. An diese halte ich mich dann beim Vergleich.

Vp. R. 28./6.

Ich schätze nach dem unmittelbaren Kraftaufwand, der nötig ist, um den Ring zu bewegen. Kontraktion der Muskeln: Hauptkriterium.

Vp. A. 11./7.

Ich bemühe mich jetzt immer, den gleichen Impuls zu geben, und habe das Urteil schon während des Ziehens, d. h. der Anfangs-Eindruck ist maßgebend, von späterer Bestätigung nicht mehr abhängig.

Vp. Sch. 20./6.

Ich vergleiche die zum 1., mit der zum 2. Antrieb nötigen Kraft.

9./7. Ich merke jetzt stets genau auf den Anfang des Zugs: Kraftaufwand, bis sich's bewegt. Die weitere Bewegung tut manchmal auch noch etwas dazu. Das Urteil ist am sichersten, wenn es gleich am Anfang gefällt wird. Muß man auch auf den Fortgang achten, so ist das Urteil stets »?«.

Die mittleren Unterschiedsschwellen aus den Gewichtsversuchen.

Vp.	Grundgewicht 1340 g					Grundgewicht 2700 g		
	Hubhöhe nicht begrenzt		Hubhöhe begrenzt			Hubhöhe begrenzt		
	Anzahl d. Schw.-Best.	Mittlere Schwelle in g	Anzahl d. Schw.-Bestimm.	Mittlere Schwelle absolut	Mittlere Schwelle relativ	Anzahl d. Schw.-Bestimm.	Mittlere Schwelle absolut	Mittlere Schwelle relativ
A.	—	—	12	17,085	$^1/_{78,4}$	10	36,75	$^1/_{73,4}$
Sch.	6	51,14	11	31,415	$^1/_{42,6}$	6	59,165	$^1/_{45,6}$
W.	7	39,28	10	29,25	$^1/_{45,8}$	10	61,—	$^1/_{44,2}$
Bf.	—	—	10	36,50	$^1/_{36,7}$	10	82,— [1]	$^1/_{32,9}$
R.	7	28,57	6	38,335	$^1/_{34,9}$	6	69,165	$^1/_{38,8}$
St.	10	29,—	9	21,945	$^1/_{61,1}$	14	45,35	$^1/_{59,9}$
Sn.	—	—	3	27,915	$^1/_{48}$	4	50,—	$^1/_{54}$
E.	—	—	9	24,15	$^1/_{55,7}$	4	45,25	$^1/_{59,8}$
T.	—	—	2	18,75	$^1/_{71,4}$	2	31,15	$^1/_{86,6}$
Summa: 9	30	—	72	—	—	66	—	—
Gesamtmittel a) [2]				27,699 = $^1/_{48,4}$			55,238 = $^1/_{48,9}$	
» b)		37,— = $^1/_{36,2}$		27,26 = $^1/_{49,2}$			53,316 = $^1/_{50,6}$	

Die Schwelle ist also im Mittel konstant rund $^1/_{50}$.

Im einzelnen schwankt sie für das kleinere Grundgewicht von $^1/_{34,9}$ bis $^1/_{78,4}$ und für das doppelt so große von $^1/_{33}$ bis $^1/_{86,6}$. Zur Erklärung dieser außerordentlich großen Schwankungen muß folgendes bemerkt werden. Auf Vp. R., die beim kleinen Gewicht $^1/_{34,9}$ hatte, wirkte das doppelte Klingelzeichen (zur Begrenzung der Hubhöhe) ausnahmsweise nicht günstig. Herr R. wurde durch das viele Klingeln geradezu nervös und schätzte infolgedessen schlechter. Bei unbegrenzter Hubhöhe war seine Schwelle $^1/_{47}$, so daß also $^1/_{34,9}$ eigentlich nicht als die normale untere Grenze gelten kann. Frl. Bf. mit $^1/_{37}$ stand auch unter abnormen Bedingungen, da sie in jener Zeit sehr aufgeregt und oft verstimmt war und unfähig, ihre Aufmerksamkeit auf die auszuführenden Hebungen zu konzentrieren.

1) Fräulein Bf. ermüdete beim großen Grundgewicht stets sehr rasch im Finger. Scheidet ihr Mittel aus, so beträgt das Gesamt-Mittel 50,459 g = $^1/_{53,5}$.

2) Bei Berechnung der Gesamtmittel a) wurde berücksichtigt, daß die Einzelmittel (dieser Tabelle) nicht für jede Vp. aus der gleichen Anzahl von Schwellen-Bestimmungen gewonnen worden waren; bei Berechnung der Gs.-Mittel b) hingegen wurden alle Einzelmittel als gleichwertig betrachtet.

Für das große Gewicht kam dazu noch die leichte Ermüdbarkeit des Fingers. Andererseits kann $^1/_{87}$ (Vp. T.) nicht als sicher gelten, da es nur das Mittel aus zwei Bestimmungen ist. Von diesen 3 Vp. abgesehen, bewegten sich dann die Mittel zwischen $^1/_{43}$ und $^1/_{79}$ für das kleine, und zwischen $^1/_{45}$ und $^1/_{74}$ für das große Gewicht.

Von größter Wichtigkeit ist die Feststellung, daß die Schwellen für die beiden Reizgrößen nicht nur im Gesamt-Mittel, sondern auch für jede einzelne Vp. sehr annähernd konstant sind, was ein Hinweis mehr ist auf die Abhängigkeit des Urteils von Kraft-Empfindungen; und 2) daß die Unterschieds-Empfindlichkeit um ein Mehrfaches feiner ist als in sämtlichen bisherigen Veröffentlichungen über ähnliche Experimente.

Fullerton and Cattell hatten $^1/_5$ bis $^1/_{18}$ gefunden, Merkel $^1/_{13}$ bis $^1/_{19}$, Jakobj $^1/_{10}$ bzw. $^1/_{11}$, Wreschner $^1/_5$, wir aber $^1/_{50}$ trotz des geringen Übungsgrades der meisten Vp. und trotz des störenden Einflusses der Selbstbeobachtungen. Durch Addition des Armgewichts und einer Konstante von 25400 g (hypothetischer Natur) brachte Jakobj seine Schwelle künstlich auf $^1/_{20}$ und fand sie so bei 2 Vp. konstant für Reizgrößen von 1 bis 6 kg. Daß es bei unseren Versuchen der Hinzurechnung einer Konstante nicht bedurfte, um die Konstanz der Schwellen zu erzielen, und daß die Unterschiedsempfindlichkeit eine so feine war, kann nur an den besseren Versuchsbedingungen liegen, wodurch Fehlerquellen vollständiger als bisher ausgeschlossen und die entscheidenden Kraft-E. besser als früher isoliert werden konnten. (Isometrisches Regime.) Diese Isolierung hätte die Unterschiedsempfindlichkeit vergröbern müssen, wenn die Mitwirkung der gewöhnlich demselben Empfindungs-Komplex angehörenden Komponenten dem Vergleichsurteil eine Hilfe gewesen wäre. Daß ihre Ausschaltung im Gegenteil die Unterschiedsempfindlichkeit geradezu sprunghaft verfeinerte, beweist (was auch die Aussagen der Vp. bestätigen), daß jene anderen Empfindungen, wo sie mitwirken, nicht nur nicht helfen, sondern sogar stören.

Ein unmittelbarer

Vergleich dieser Schwellenwerte mit den Federzug-Ergebnissen

ist nicht aussichtsreich, da die Methoden, nach denen gearbeitet wurde, und die Versuchsbedigungen auch sonst zu verschieden sind. Es kann auch nicht mit zur Aufgabe dieser Arbeit gehören, auf solche methodologische Erörterungen näher einzugehen. Immerhin ver-

suchte ich einen ungefähren Vergleichungsmaßstab dadurch zu gewinnen, daß ich mit einigen Vp. auch an den Federn nach der Methode der Minimal-Änderungen arbeiten ließ.

Da aus den bereits dargelegten Gründen von jeder Arretierung (bei Federzügen) abgesehen werden mußte, konnten beide Züge nur durch ein Signal begrenzt werden, das der am Fernrohr ablesende Versuchsleiter gab. Leider war das für den Vergleichszug ungemein schwierig. Gelang es schon beim Normalzug erst nach längerer Übung und mit Hilfe des an gleichbleibender, gewohnter Stelle aufgesetzten Merkzeichens, so war es für V. schlechterdings unmöglich, regelmäßig gerade da halten zu lassen, wo es die Reihenfolge der Vergleichsskala erfordert hätte; denn hier fehlte das Merkzeichen, das ja zwischen N. und V. nicht verschoben werden konnte, und es fehlte die Einübung auf die »neue« Zahl. So konnten also diese Versuche nicht rein durchgeführt werden. Es blieben sowohl in auf- wie in absteigender Reizfolge Lücken, die auszufüllen nicht gelingen wollte, während andere V. ungewollt und mit häufigen Wiederholungen auftraten. Dadurch wurde jede Versuchsreihe erheblich verlängert, was die Vp. stark ermüdete und die Gültigkeit der letzten Ergebnisse sehr in Frage stellte. Viele Einzelschwellen konnten deshalb nur annähernd und mit variierender Wahrscheinlichkeit bestimmt werden. Ich sehe deshalb von genauen Berichten ab und teile nur das Schlußergebnis mit für die beiden Vp., mit denen eine größere Anzahl von Bestimmungen einigermaßen gelungen war. Bei Vp. Sch. war das Mittel aus 14 (übrigens nicht erheblich schwankenden) Schwellen für st. F. 80 = 2828 g Endspannung $^1/_{34,8}$. Vp. R. lieferte als Mittel aus 9 stärker schwankenden Schwellen für denselben Normalreiz $^1/_{21}$, als Mittel aus 6 Bestimmungen für m. F. 80 = 1472 g $^1/_{21,8}$.

Diese Werte halten sich (dasselbe gilt von den mit anderen Vp. gemachten Stichproben) in auffallender Nähe zu denen für den mittleren Fehler. Es kommt hierfür nur die Serie b in Betracht. Wir haben also für Vp. Sch. dort $F(m) = {}^1/_{37}$, hier $S = {}^1/_{34,8}$; für Vp. R. dort $F(m) = {}^1/_{24}$, hier $S = {}^1/_{21}$ bei 2828 g als N., und dort $F(m) = {}^1/_{20}$, hier $S = {}^1/_{25,8}$ bei 1472 g als Normalreiz. Es würde sich also anscheinend auch bei der Methode der Minimaländerungen Konstanz der relativen Unterschiedsschwelle ergeben, was nicht weiter überraschen könnte. Aber daß dieser Wert derselbe zu sein scheint wie für $F(m)$, ist auf den ersten Blick höchst verwunderlich, besonders angesichts unserer sehr viel feineren Werte an den Gewichten: $^1/_{46}$ für Vp. Sch., und $^1/_{39}$ bzw. $^1/_{35}$ für Vp. R.

Doch darf bei diesem Vergleich nicht übersehen werden, was wir

weiter oben ausgeführt haben über die Ursachen, die alle Federwerte herabdrücken. Eine dieser Ursachen, der Herstellungsfehler, fällt mit der Anwendung der Methode der Minimaländerungen nur scheinbar, oder nur zum geringsten Teil weg, da nach wie vor beide Züge sehr schwierig und nur unter Abspaltung eines beträchtlichen Teils der Aufmerksamkeit herstellbar sind. Es liegt also kein Anlaß vor zu der Annahme, daß $F(m)$ etwa ein Maß für die Unterschiedsschwelle für Kraftempfindungen sei, sondern es erscheint bei genauerem Zusehen ganz natürlich, daß so wie $F(m)$ nun auch S der Federn erheblich gröber bleibt als S der Gewichte. — Die nahe Übereinstimmung unseres $F(m)$ mit S der Federn fordert aber zu näherer Prüfung dieser Werte unter anderen Verhältnissen auf.

Im einzelnen stimmen die neuen Schwellen auch vorzüglich zu den individuellen Eigenschaften der Vp. Herr Sch. ist bedeutend kräftiger als Herr R., ermüdete mit der st. F. weniger leicht und hat dementsprechend bei st. F. die feinere Schwelle $^1/_{34,7}$ gegen $^1/_{21}$. Bei m. F. aber, wo Vp. R. nicht leicht ermüdete, steigt auch seine Schwelle auf $^1/_{25,5}$ und ist feiner als sein bezüglich. $F(m)$ mit $^1/_{20}$. Doch müssen wir uns bewußt bleiben daß diesen Bestimmungen wegen der geringen Versuchszahl keine große Wahrscheinlichkeit zukommt.

Der von Fullerton and Cattell angewandte Modus der Methode der mittl. Fehler, wobei Vp. nach einer gewissen Einübung sich stets selbst Paare von N. und V. geben muß, wurde von uns auch erprobt, jedoch nicht in ausgedehntem Maße. Die Vp. fühlen sich dabei erheblich unsicherer, liefern aber anscheinend mittlere Fehler, die nicht sehr viel größer waren. Doch ist die Verrechnungsweise komplizierter und weniger durchsichtig. Auch hat man, da die Größe der N. erheblich schwankt, nie Garantie dafür, welche Reizgröße der Vp. im Einzelfall als N. vorschwebte. Das macht die ganze Beurteilung und Verrechnung sehr hypothetisch, weshalb wir die Methode nicht weiter anwendeten.

Ein wichtigeres Nebenresultat war eine sehr enge und deutlich in die Erscheinung tretende

Abhängigkeit der Versuchsergebnisse von dem Ermüdungsgrad der Vp.

Bei den Federzügen (Methode der m. F.) machte sich die Ermüdung — damit ist hier nicht physische Ermüdung im Finger, sondern ein allgemeiner Ermüdungszustand gemeint — namentlich in auffälliger Erhöhung von Va. bemerkbar, bei den Gewichtshebungen aber in einer noch deutlicheren, weil unmittelbar wahrnehmbaren Vergrößerung des Schätzungsfehlers.

Dieser war übrigens nicht, wie Treves annimmt, bei allen Vp. negativ (Treves hatte, wie erinnerlich, nur eine Vp. gehabt), aber es fand sich auch Martin Müllers Ansicht nicht bestätigt, daß der negative Typus nur bei stärkeren, besonders männlichen, und der positive bei schwächeren, besonders weiblichen, Vp. vorkomme.

Von unseren Vp. gehörten zwei Herren, von denen der eine sehr kräftige, der andere auffallend schwache Finger- und Unterarmmuskeln hatte, ausgesprochen dem + Typus an (Vp. T. und R.); Vp. St. war für das kleinere Grundgewicht +, für das größere —, die 6 übrigen Vp. waren abwechselnd + und — mit geringem Vorwiegen des —. Oft war der Schätzungsfehler zu Beginn einer Sitzung + und gegen Schluß stark —, oder umgekehrt. In der Regel aber glich sich ein in der ersten Hälfte der Stunde bemerkter Sch.-Fehler so aus, daß gegen Schluß der objektive Nullpunkt sich mit dem subjektiven annähernd deckte. Da diese Erscheinung regelmäßig dann auftrat, wenn die Vp. besonders ermüdet zur Sitzung gekommen war, wird vielleicht auch eine Beziehung der Ermüdung zur Fehler-Tendenz (Typus) festzustellen sein. Jedenfalls kann auch der »Typus« nicht mehr als beweisend oder beweisstützend für irgendeine Theorie angeführt werden, die bei Gewichtsvergleichungen die Kraftempfindungen ganz oder wesentlich ausschließt. Daß auch Treves' Ansicht, die 2. Hebung werde immer verzögert, nicht stimmt, ist in unserer bezüglichen Schlußtabelle zahlenmäßig belegt. Treves verwendet sie also zu Unrecht zur Erklärung des negativen Typus. Andererseits aber wird man, von der Feinheit der Kraft-E. überzeugt, sie mit Nutzen zu genaueren Ermüdungsmessungen verwenden können. Bei unseren Versuchen zeigte sich die Abhängigkeit der Schätzung vom Ermüdungszustand so sicher, daß der Versuchsleiter stets nach wenigen Vergleichen die Vermutung aussprechen durfte, daß Vp. heute besonders müde sei, und auf die Frage nach der Ursache mußte sich die verwunderte Vp. stets zu irgendeiner ausnahmsweisen Inanspruchnahme ihrer Kräfte bekennen. z. B.: zu wenig Schlaf, Alkoholgenuß, anstrengende Gebirgswanderung, lang ausgedehntes Schwimmbad, anstrengende geistige Arbeit. Systematische Untersuchungen über diese Beziehungen anzustellen, lag jedoch nicht im Rahmen unserer Arbeit.

Auch die

Druckempfindungen (Hautsinn)

haben wir einer spezifischen experimentellen Untersuchung nicht unterworfen. Bezüglich ihrer etwaigen Beteiligung in Vergleichsurteilen sei zunächst nochmals auf Jakobjs (30) negativen Befund

verwiesen. Durch Hebungen mit der Zahnreihe des Unterkiefers hatte Jakobj die Druck-E. ausgeschaltet, ohne daß die Unterschiedsempfindlichkeit dadurch gelitten hätte, woraus Jakobj schloß, daß der Tastsinn als Kriterium völlig ausscheide.

Mag diese Behauptung vielleicht auch etwas zu weit gehen (vgl. Lehmann a. a. O.), so kann doch eine wesentliche Beteiligung der Druck-E. schon deswegen nicht in Frage kommen, weil nach übereinstimmenden Befunden (seit E. H. Weber a. a. O.) die Unterschiedsschwelle für Druck-E. sehr viel gröber ist als für Gewichtshebungen. Man vergleiche auch die Untersuchungen von Arps (39) über den Anstieg der Druckempfindung. Und dann beachte man, daß alle unsere Vp., die zu genauer Selbst-Analyse ihres Empfindungskomplexes kamen, die Druckempfindung, je weiter die Versuche fortschritten, um so mehr auch von ausnahmsweiser und nebensächlicher merklicher Beteiligung ausschlossen.

Zusammenfassung der wichtigsten Schlußergebnisse.

I. Bei vier verschiedenen Federspannungen (Endspannungen = 2828 g, 1472 g, 180 g, 0 g) war die Exkursionsweite die gleiche ($1^1/_3$ mm): die Exkursionsfehler verhalten sich im Gesamtmittel des rohen mittl. Fehlers relativ wie 17 : 11 : 5,6 : (3,7); die entsprechenden Endspannungsfehler relativ wie 28,4 : 24,7 : 21,5. Bei abnehmender Spannung werden also die Exkursionsfehler trotz der gleichbleibenden Exkursionsweite auffallend größer, während die Spannungsfehler annähernd konstant bleiben.

II. Bei gleicher Federspannung (Endspannung = 1791 bzw. 1805 g) war die Exkursionsweite einmal $^1/_2$ mm, dann 2 mm, also das Vierfache; die Exkursionsfehler verhalten sich wie 9 : 14, die bezüglichen Spannungsfehler relativ wie 25,5 : 25,9. Die Spannungsfehler sind also auch hier konstant und bewegen sich in gleicher Höhe wie bei der I. Versuchsanordnung.

1) Aus I und II ist zu schließen:

a) Bei Federspannungen wird ausschlaggebend nach Kraftempfindungen geschätzt.

b) Diese stellen ein sehr feines Kriterium dar, wenn sie (wie bei unseren Versuchen) unter günstigen Bedingungen wirken können.

2) Zeitmessungen hatten das entschieden negative Ergebnis, daß bei Federzügen keinerlei Abhängigkeitsbeziehungen bestehen zwischen der Schätzung und den Zeitverhältnissen.

3) Die Selbstbeobachtungen der Vp. bestätigten diese experimentellen Befunde und zeigten, daß die Schätzungen um so besser werden, je mehr es der Vp. gelingt, die Aufmerksamkeit auf die Kraft-E. als entscheidendes Kriterium zu fixieren.

III. Bei Gewichtshebungen, die (ebenfalls unter dem isometrischen Regime) mit den beiden den stärkeren Federn entsprechenden Grundgewichten 2700 g und 1340 g ausgeführt wurden, ergab sich:

1) Einige Vp. hatten die Tendenz, die zweite Hebung in der Regel rascher auszuführen, andere zeigten ausgesprochen die umgekehrte Tendenz.

2) Mit dem schwereren Vergleichsgewicht war ungefähr ebenso oft eine langsamere Hebung verbunden wie eine schnellere, und entsprechend bei leichterem Vergleichsgewicht. — Aus 1 und 2 folgt, daß der Geschwindigkeitseffekt als solcher (unter unseren Versuchsbedingungen) unabhängig war von dem objektiven Gewichtsverhältnis, also bedingt wurde durch die auch bei gleichen oder als gleich zu erwartenden Gewichten schwankenden Hebungsimpulse.

3) Wird vorausgesetzt, daß die Vp. nach ihrem Eindruck vom Geschwindigkeitseffekt (Müllersches Kriterium) urteilte, so ergeben sich bei allen Vp. sehr viel weniger richtige als falsche Urteile: im ganzen 360 (+ 55?) *r* gegen 595 (+ 55?) *f* beim kleineren Gewicht, und 306 (+ 30?) *r* gegen 458 (+ 20?) *f* beim größeren Gewicht, also 666 (+ 85?) *r* gegen 1053 (+ 75?) *f*.

4) Wird aber vorausgesetzt, daß das Urteil der Vp. durch das objektive Gewichtsverhältnis, also durch die unmittelbaren Gewichtsempfindungen bedingt ist, so ergeben sich umgekehrt bei allen Vp. sehr viel mehr richtige als falsche Urteile: im ganzen 695 (+ 49?) *r* gegen 227 (+ 70) *f* beim kleineren, 522 (+ 47?) *r* gegen 212 (+ 38?) *f* beim größeren Gewicht, also 1217 (+ 96?) *r* gegen 439 (+ 108?) *f*.

5) Die Prüfung der Frage, wie oft ein dem objektiven Gewichtsverhältnis entgegengesetzter Geschwindigkeitseffekt das Urteil getäuscht zu haben scheint, ergibt für das kleinere Gewicht 40 (+ 21?), für das größere Gewicht 51 (+ 12?) Fälle.

6) Die umgekehrte Frage, wie oft das Urteil trotz entgegenwirkenden Geschwindigkeitseffektes richtig war, ergibt für das kleinere Gewicht 333 (+ 21?), für das größere Gewicht 203 (+ 35), also für das kleinere Gewicht rund 8 mal und für das größere Gewicht rund 4 mal so viel Fälle.

Daraus ist zu schließen, daß auch bei unseren Gewichtshebungen in der Regel wesentlich nur nach den unmittelbar gegebenen Kraftempfindungen geurteilt wurde.

7) Daß ausnahmsweise das Urteil auf Grund des Geschwindigkeitseffekts gefällt wird, konnte von fast allen Vp. selbst beobachtet werden; im ganzen waren jedoch nur 7 solcher Fälle auf rund 2000 Doppelhebungen sicher zu vermerken. In 13 weiteren Fällen folgte ein solches Geschwindigkeitseffekt-Urteil dem bereits vorher gefällten unmittelbaren bewußt als bestätigend nach. Im übrigen ergibt sich aus den Selbstbeobachtungen der Vp., daß das Urteil meist zustande kommt auf Grund der Gewichtseindrücke vom Anfangsstadium der Hebung, seltener infolge einer späteren Phase. Andere Kriterien traten im Bewußtsein hinter die Kraftempfindungen völlig zurück und zwar um so mehr, je weiter die Versuche fortschritten. Das Müllersche Kriterium wirkt häufiger, wenn ruckweise, wie dies bei Müller und Schumanns Versuchen die Regel war, oder mit nicht maximaler Aufmerksamkeit gehoben wird, und verdeckt in solchen Fällen leichter die feineren Kraftempfindungen.

8) Von dem Einfluß der Latenzzeit (Zeitintervall zwischen dem Willensimpuls und dem Beginn der Hebung) muß dasselbe angenommen werden wie vom Geschwindigkeitseffekt während der Hebung selbst, dem Müllerschen Kriterium (s. o. unter 7).

9) Die mittlere Unterschiedsschwelle war trotz der störenden Selbstbeobachtungen und des geringen Übungsgrades der Vp. bei beiden Gewichten konstant rund $^1/_{50}$, also um ein Mehrfaches feiner als in den Arbeiten der älteren Autoren. Das darf als Folge der günstigeren Bedingungen betrachtet werden, unter denen bei unserer Versuchsanordnung die entscheidenden Kraftempfindungen zur Geltung kamen.

10) Der Typus der Vp. war z. T. positiv, z. T. negativ, oft wechselte er bei derselben Vp. in derselben Stunde.

11) Die Größe der Schwelle sowie die Größe und Richtung des Schätzungsfehlers (Typus) standen deutlich in Abhängigkeit vom Ermüdungsgrad der Vp.

12) Allgemeine Schlußfolgerung: Wir halten uns beim Vergleich von Kraftäußerungen in der Regel nicht wesentlich an irgendein sekundäres Kriterium, wie bisher fast allgemein angenommen wurde, sondern an die uns unmittelbar gegebenen Kraftempfindungen.

Allen Vp. sage ich für ihre ausdauernde, opferwillige Mitarbeit den herzlichsten Dank, namentlich aber Prof. Dr. med. et phil. G. Störring für die Anregung zu dieser Arbeit und die Beratung während der Ausführung.

Literaturverzeichnis.

1) Ch. Bell, Patholog. und physiolog. Untersuchungen des Nervensystems. 1832. S. 185.
2) E. H. Weber, Annotationes de Pulsu, Resorptione, Auditu et Tactu. 1834. S. 86 ff.
3) E. H. Weber, Der Tastsinn und das Gemeingefühl, in Wagners Handwörterbuch der Physiologie. 1846. III b. S. 543 f.
4) E. H. Weber, Annotationes Anatomicae et Physiologicae. 1851. S. 80 ff.
5) J. M. Schiff, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1858/59. S. 156 ff.
6) G. Th. Fechner, Elemente der Psychophysik. 1860. S. 96 ff.
7) G. Th. Fechner, Über die Kontrastempfindung. Berichte der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1860. Math. Phys. Kl. S. 76.
8) G. Th. Fechner, In Sachen der Psychophysik. 1877. S. 49 f.
9) W. Wundt, Physiologische Psychologie. 6. Aufl. Bd. II. S. 25 f., 36 f. und S. 490.
10) Eigenbrodt, Über partielle Empfindungslähmungen, insbesondere die Tastsinnlähmung. Virch. Arch. 13, 1862.
11) W. James, The Feeling of Effort. Anniv. Mem. of the Boston Soc. of Nat. Hist. 1880, Psych. Cl. XXVI.
12) Bastian, On the Muscular Sense. Brit. Med. Journ. 1869.
13) Leyden, Über Muskelsinn und Ataxie. Virch. Arch. 47. 1869.
14) Bernhardt, Zur Lehre des Muskelsinns. Arch. f. Psychiatrie, III. 1872.
15) Bernstein, Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme. Heidelberg 1871.
16) Delbœuf, Etude psychophysique, in den »Mémoires cour.«. 23, 1873.
17) Delbœuf, ebenda, Théorie générale de la sensibilité. 26, 1875.
18) Delbœuf, Revue philosophique. 12, 1881, S. 526.
19) Hering, Zur Lehre von der Beziehung zwischen Leib und Seele. Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 72, III. 1875. S. 342 ff. (Experimente von Biedermann und Loewit.)
20) G. E. Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik. 1878.
21) Lewinsky, Über den Kraftsinn. Virch. Arch. 77. 1879.
22) Pierce and Zastrow, On small differences of Sensation. National Academy of Science III. 1884.
23) Hitzig, Ein Kinästhesiometer nebst einigen Bemerkungen über den Muskelsinn. Neurol. Zentralblatt. 1888.
24) Goldscheider, Über den Muskelsinn und die Theorie der Ataxie. Zeitschr. für klin. Medizin XV, 1889. S. 82 ff.
25) Goldscheider, Untersuchungen über den Muskelsinn. Archiv für Anat. u. Phys., Phys. Abt. 1889 u. 1890. S. 380 f.
26) G. E. Müller und F. Schumann, Über die psychologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte. Pflüg. Arch. 45, 1889.
27) Sunkel, Untersuchungen über den sogenannten Kraftsinn. Marburg, Diss. 1890.
28) Merkel, Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung. Wundt, Phil. St. V. S. 289 ff. 1888/89.

29) Fullerton and Cattell, On the Perception of small differences, Publ. of the Univ. of Penns. Philos. Ser. 1890/92.
30) Jakobj, Untersuchungen über den Kraftsinn. Arch. für Pathologie und Pharmakologie, 32, 1893.
31) Dresslar, Psychology of Touch. American Journal of Psychology VI, 3, 1894.
32) Wreschner, Methodologische Beiträge zu psychophysischen Messungen. Schriften der Gesellschaft für psychische Forschung. Leipzig 1898.
33) James and F. Rice, Psychological Laboratory. V. 1897, S. 81 f.
34) Lillie J. Martin und G. E. Müller, Zur Analyse der Unterschiedsempfindlichkeit. Leipzig 1899.
35) Fröbes, Ein Beitrag über die sogenannten Vergleichungen übermerklicher Unterschiede. Zeitschr. f. Psych. 36. 1904.
36) Bourdon, L'état actuel de la question du sens musculaire. Revue scient. 2, 1904.
37) A. Lehmann, Beiträge zur Psychodynamik der Gewichtsempfindungen. Arch. f. d. ges. Psych. IV. 1906.
38) van Biervliet, Le toucher et le sens musculaire. Année psychol. 13. 1907.
39) Arps, Über den Anstieg der Druckempfindung. Ps. St. 4. 1905.
40) Treves, Sugli elementi di giudizio per il confronto dei pesi per mezzo del loro sollevamento. Arch. d. Fisiologia. Vol. 3. 353 u. 368. 1906.
41) Treves, Metodo per la determinazione diretta dell energia di contrazione e la applicazione allo studio della legi della fatica. Arch. d. Fisiologia, vol. 2, p. 337. 1905.
42) Treves, Contributo critico-sperimentale allo studio dei fenomeni soggettivi alla fatica nel lavoro volontario. Rivista di patol. nerv. e ment. 1904, p. 207.
43) Treves, Modifications à l'ergographe. Congr. intern. des physiologistes. Turin 1901.
44) Treves, Experimentelle Untersuchungen über die Grundlage der Vergleichung gehobener Gewichte. Pfl. Arch. 121, 1908.
45) Reichardt, Zur Lehre vom Muskelsinn. Arbeiten aus der psychiatr. Klinik zu Würzburg. 4. Heft. 1909. S. 109 ff.
46) Reichardt, Über Sinnestäuschungen im Muskelsinn. Z. f. Psych. II. 41, S. 430 ff. 1907.
47) Urban, Die psychophysischen Maßmethoden als Grundlagen empirischer Messungen. Arch. f. d. ges. Psych. XV. 1909 und XXVI. 1912.
48) Erismann, Untersuchungen über Bewegungsempfindungen beim Beugen des rechten Armes im Ellbogengelenk. Arch. f. d. ges. Ps. XXIV. 1912.
49) Erismann, Untersuchung über das Substrat der Bewegungsempfindungen und die Abhängigkeit der subjektiven Bewegungsgröße vom Zustand der Muskulatur. Arch. f. d. ges. Psych. Bd. XXVIII. Heft 1/2. 1913.
50) Rose, Der Einfluß der Unlustgefühle auf den motorischen Effekt der Willenshandlungen. Arch. f. d. ges. Psych. Bd. XXVIII. Heft 1/2. 1913.

Lebenslauf.

Ich, Ludwig Philipp Truschel, wurde 1880 zu Sundhausen i. E. geboren. Im Straßburger Seminar erhielt ich meine Ausbildung als Lehrer und war von 1900 ab als solcher an verschiedenen Orten des Elsaß tätig, seit 1904 in Straßburg. Ich holte an der Oberrealschule die Reifeprüfung nach und studierte an den Universitäten Straßburg, Paris und Jena. 1906—11 veröffentlichte ich auf Grund experimenteller Untersuchungen einige Abhandlungen über den sogenannten 6. Sinn der Blinden. (Meumann, Ztschr. für Exp. Päd., Bd. III, IV, V, VII; Archiv für die gesamte Psychologie, Bd. XIV; Bericht der Pariser Akademie der Wissenschaften, April 1911.) Allen meinen Lehrern fühle ich mich zu tiefem Dank verpflichtet, Prof. Störring aber noch insbesondere für die reichen und mannigfachen Anregungen, die er mir während der Arbeit im Straßburger Psychologischen Institut zuteil werden ließ.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.